



TUGAS AKHIR – TI 141501

Model Simulasi Penerapan Strategi *Vendor Managed Inventory (VMI)* pada Distribusi Pupuk Bersubsidi

(STUDY KASUS : PT X)

EDUARD NUGROHO

NRP 02411340000117

Dosen Pembimbing

Dody Hartanto, S.T., M.T.

NIP. 197912292008121003

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



FINAL PROJECT – TI 141501

**SIMULATION MODEL OF VENDOR MANAGED
INVENTORY (VMI) IMPLEMENTATION STRATEGY ON
DISTRIBUTION OF SUBSIDIZED FERTILIZER**

(STUDY KASUS : PT X)

EDUARD NUGROHO

NRP 02411340000117

Dosen Pembimbing

Dody Hartanto, S.T., M.T.

NIP. 197912292008121003

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL SIMULASI PENERAPAN STRATEGI VENDOR MANAGED INVENTORY (VMI) PADA DISTRIBUSI PUPUK BERSUBSIDI

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Persyaratan Penyelesaian Studi Strata Satu

Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh :

EDUARD NUGROHO

NRP 02411340000117

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :



Dody Hartanto S.T., M.T.

NIP. 197912292008121003

SURABAYA, JANUARI 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Model Simulasi Penerapan Strategi *Vendor Managed Inventory (VMI)* pada Distribusi Pupuk Bersubsidi

Nama : Eduard Nugroho
NRP : 02411340000117
Dosen Pembimbing : Dody Hartanto S.T., M.T.

ABSTRAK

PT X merupakan perusahaan yang memproduksi pupuk dan menjadi salah satu penyedia pupuk subsidi yang telah dipercayai oleh pemerintah. Proses distribusi yang efektif dan efisien dapat memberikan pelayanan yang baik bagi para petani yang secara tidak langsung mempengaruhi produksi pangan nasional. *Vendor managed inventory (VMI)*, merupakan model dimana pembeli tidak lagi memutuskan jadwal pemesanan dan kuantitas pemesanan. Namun, pembeli harus memberikan informasi secara aktual tentang permintaan dari pelanggan mereka, persediaan yang tersisa, dan informasi kegiatan yang menyebabkan meningkatnya permintaan. Simulasi merupakan suatu bentuk pendekatan untuk menggambarkan kondisi sebenarnya dari suatu sistem. Simulasi dilakukan dengan tujuan untuk mengimplementasikan metode *vendor managed inventory* dalam proses distribusi PT X. Model simulasi dibuat dengan variabel keputusan *safety stock* dan variabel respon *fill rate*, kebutuhan truk, dan *inventory level*. Rekomendasi yang didapat dari simulasi menunjukkan bahwa skenario terbaik yaitu *safety stock* sebesar satu minggu kebutuhan dengan nilai *fill rate* 99,95%, dan rata-rata *inventory level* sebesar 1326,75 ton.

Kata kunci: *Vendor Managed Inventory, Discrete Event Simulation, Fill Rate, Inventory level.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Simulation Model of Vendor Managed Inventory (VMI) Implementation Strategy on the Distribution of Subsidized Fertilizer

Name : Eduard Nugroho
Student ID : 02411340000117
Supervisor : Dody Hartanto S.T., M.T.

ABSTRACT

PT X is a company that produces fertilizer and became one of the subsidized fertilizer providers that have been trusted by the government. Effective and efficient distribution processes can provide good services to farmers who indirectly affect national food production. Vendor Managed inventory (VMI) , is a model where buyers no longer decide the ordering schedule and order quantity. However, buyers should provide actual information about requests from their customers, remaining inventory, and activity information leading to increased demand. Simulation is a form of approach to describe the actual condition of a system. Simulation is done with purpose to implement vendor managed inventory method in PT X distribution process. The simulation model is made with safety stock control variable. There are three variabel respon used for measuring perform of the system. Variabel respon used are fill rate, truck requirement, and inventory level. The recommendation from the simulation shows that the best scenario is the safety stock of one week requirement with the value of fill rate of 99.95%, and the average inventory level of 1326.75 ton.

Kata kunci: *Vendor Managed Inventory, Discrete Event Simulation, Fill Rate, Inventory level.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian tugas akhir ini yang berjudul “Model Simulasi Penerapan Strategi *Vendor Managed Inventory* (VMI) pada Distribusi Pupuk Bersubsidi”.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan studi strata dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa bantuan dari beberapa pihak yang membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin memberikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dody Hartanto S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan masukkan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ari selaku staff departemen pengadaan atas kemudahan yang diberikan dalam melakukan penelitian tugas akhir di PT X.
3. Prof Iwan Vanany S.T., M.T., Ph. D, dan Prof. Dr. Ir. Budi Santosa M.Sc., Ph. D selaku dosen penguji seminar proposal tugas akhir.
4. Ibu Effi S.T., M.Sc., selaku dosen penguji sidang tugas akhir.
5. Nurhadi Siswanto S.T., MSIE, Ph. D selaku Kepala Departemen Teknik Industri ITS.
6. Dr. Adhitya Sudiarno S.T., M.T., selaku koordinator tugas akhir.
7. Papa dan Mama tercinta, Ferry Hartanto Theopilus dan Ratnaning Dyah. Saudara-saudara tercinta Farhan Fernando Theopilus dan Daniel Surya Theopilus. Serta Om Memet, Bude Naning, Bude Ningsih, Mas Arief dan seluruh keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
8. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2013 yang telah berjuang bersama-sama dengan penulis.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan oleh penulis untuk menjadi lebih baik dan sebagai pembelajaran di

masa yang akan datang. Mohon maaf atas kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2018

Eduard Nugroho Theopilus

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Ruang Lingkup	5
1.5.1 Batasan.....	5
1.5.2 Asumsi	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Supply Chain Management	9
2.2 <i>Vendor Managed Inventory</i>	10
2.3 Inventory Management.....	10
2.3.1 Persediaan	10
2.3.2 Customer Service Level.....	12
2.3.3 <i>Reorder Point (ROP)</i>	15
2.3.4 Lead Time	16
2.4 Pemodelan Sistem	17
2.5 Simulasi	19
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN	21
3.1 Studi Pendahuluan.....	23
3.2 Pengumpulan Data.....	23
3.3 Pengolahan data.....	23
3.4 Simulasi	23
3.4.1 Pembuatan Model Konseptual	23
3.4.2 Validasi	24

3.5 Verifikasi.....	24
3.6 Pengolahan hasil output simulasi.....	24
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	25
4.1 Pengumpulan Data.....	25
4.1.1 Mekanisme Distribusi Pupuk Subsidi	25
4.1.2 Aktifitas Truk	26
4.1.3 Data Permintaan Pupuk Subsidi	27
4.2 Pengolahan Data	27
4.2.1 Permintaan Petani pada Gudang Penyangga	27
4.2.3 Permintaan Gudang Penyangga kepada Pabrik.....	29
4.3 Model Konseptual.....	30
4.3.1 Model Konseptual Inisial	30
4.3.2 Model Konseptual Skenario	34
4.4 Perancangan Model Simulasi Eksisting.....	37
4.4.1 Sistem Model Distribusi Pupuk Subsidi.....	37
4.4.2 Perhitungan Warm-up Period.....	38
4.4.3 Jumlah Replikasi	38
4.5 Verifikasi dan Validasi Model	40
4.5.1 Validasi Model	40
4.5.2 Verifikasi Model	41
4.6 Skenario	42
4.7 Hasil Simulasi	44
4.7.1 <i>Fill Rate</i>	44
4.7.2 Kebutuhan Truk	44
4.7.3 <i>Inventory Level Stock</i>	45
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA	47
5.1 Perbandingan Tingkat <i>Fill Rate</i>	47
5.2 Perbandingan Kebutuhan Truk	49
5.3 Perbandingan <i>Inventory Level</i>	50
5.4 Hubungan antara Safety Stock dengan <i>Fill Rate</i> , Kebutuhan Truk dan <i>Inventory Level</i>	51
5.5 Skenario Usulan	52

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
6.1 Kesimpulan.....	55
6.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Perbandingan Produksi Pupuk di Indonesia.....	2
Gambar 1.2 Perbandingan Permintaan dan Produksi Pupuk Subsidi (ton).....	2
Gambar 2.1 Penetapan Safety Stock.....	10
Gambar 2.2 Service Level pada Distribusi Normal.....	12
Gambar 2.3 Grafik Reorder Level Berdasarkan Demand dan Lead Time.....	14
Gambar 2.4 Cara mempelajari sistem.....	17
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	21
Gambar 4.1. Alur Proses Distribusi Pupuk pada PT X.....	23
Gambar 4.2. Permintaan Pupuk Urea Subsidi Petani pada tahun 2016.....	26
Gambar 4.3. Permintaan Pupuk Urea Subsidi Gudang Penyangga pada tahun 2016.....	27
Gambar 4.4. Model konseptual proses pengiriman.....	29
Gambar 4.5. Model konseptual <i>daily updater</i>	31
Gambar 4.6. Model konseptual <i>demand updater</i>	32
Gambar 4.7. Model konseptual <i>vendor managed inventory</i>	35
Gambar 4.8. <i>Fill Rate</i> Simulasi Model Selama 360 Hari.....	37
Gambar 5.1 Perbandingan Nilai <i>Fill Rate</i> yang Dihasilkan.....	48
Gambar 5.2 Perbandingan Kebutuhan Maksimal Truk Tiap Skenario.....	49
Gambar 5.3 Perbandingan Rata-rata Level Stok pada Tiap Skenario.....	51
Gambar 5.4 Perbandingan Level Stok Tertinggi pada Tiap Skenario.....	52

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Perhitungan Service Factor.....	13
Tabel 4.1 Jatah Permintaan Pupuk Subsidi tiap Wilayah.....	25
Tabel 4.2 Hasi Plotting Distribusi Permintaan Pupuk Subsidi Petani.....	26
Tabel 4.3 Hasil Plotting Distribusi Permintaan Gudang Penyangga	28
Tabel 4.4 Rata-rata <i>Fill Rate</i> Inisial Sistem.....	38
Tabel 4.5 <i>T-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances</i>	40
Tabel 4.6 Skenario Model Simulasi.....	42
Tabel 4.7 <i>Fill Rate</i> dan Safety Stock Terpenuhi.....	43
Tabel 4.8 Kebutuhan Truk Pengiriman Pupuk ke Kota Bojonegoro dan Tuban.....	44
Tabel 4.9 Kebutuhan Truk Pengiriman Pupuk ke Kota Lamongan dan Gresik....	44
Tabel 4.10 Kebutuhan Truk Pengiriman Pupuk ke Kota Bojonegoro dan Tuban.....	44
Tabel 4.11 Kebutuhan Truk Pengiriman Pupuk ke Kota Lamongan dan Gresik.....	44
Tabel 5.1 Perbandingan Masing-masing Skenario.....	53

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 1

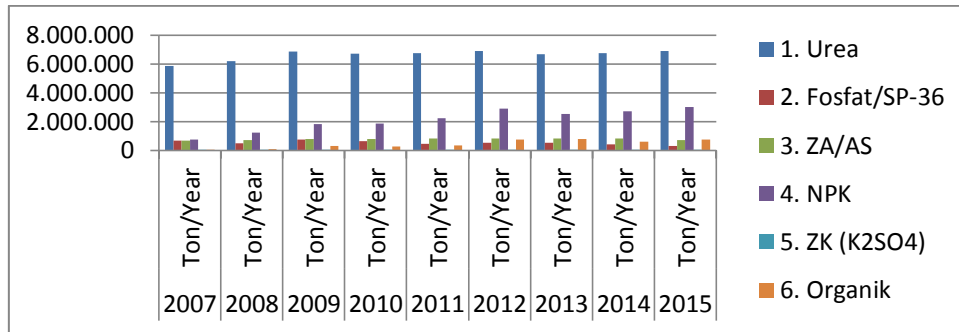
PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini berisi hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian serta identifikasi masalah penelitian. Bahasan yang terdapat pada bab pendahuluan ini meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu sektor vital dalam pembangunan perekonomian Indonesia. Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh dinas pertanian, pada tahun 2010-2014 sektor pertanian menyumbang PDB rata-rata 10,26% pertahun atau sebesar 879,3 Triliun dari total PDB sebesar 8.568,12 Triliun. Pada periode yang sama pertumbuhan PDB nasional meningkat sebesar 5,7% sedangkan pertumbuhan dalam sektor pertanian rata-rata sebesar sekitar 3,9%. Dengan demikian, pada tahun 2010-2014 tampak bahwa pertanian menjadi beban pertumbuhan PDB Nasional. Kontribusi pertanian terhadap PDB juga menurun, yaitu dari 10,99% pada tahun 2010 menjadi 10,26% pada tahun 2014. Penurunan tersebut juga terjadi pada kontribusi pertanian dalam penyediaan lapangan kerja. Pada tahun 2010 sektor pertanian menyerap tenaga kerja terbesar yaitu 38,69 juta pekerja atau sekitar 35,76% dari total tenaga kerja yang ada di Indonesia. (Kementerian Pertanian, 2015).

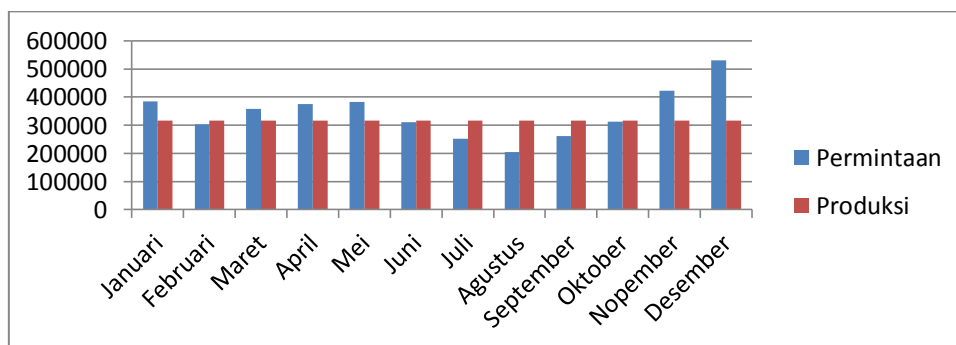
Peran sektor pertanian sebagai salah satu sektor pembangunan yang vital tidak lepas dari ketersediaan pupuk subsidi di Indonesia. Terdapat enam jenis pupuk subsidi yang didistribusikan di Indonesia, yaitu Pupuk Urea, SP36, ZA, NPK, ZK dan organik. Pupuk tersebut di produksi dengan kuantitas yang berbeda berdasarkan permintaan yang ada. Berikut merupakan data produksi berbagai macam pupuk di Indonesia.



Gambar 1.1 Grafik Perbandingan Produksi Pupuk di Indonesia
sumber : (APPI, 2017)

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa pupuk urea merupakan pupuk yang paling banyak diproduksi oleh produsen pupuk di Indonesia, yaitu rata-rata sebesar 6,6 juta ton pertahun atau 63,1% dari total pupuk yang diproduksi di Indonesia. Berdasarkan data tersebut, dapat dikatakan bahwa pupuk urea memiliki peran yang besar dalam kesuksesan sektor pertanian di Indonesia. Oleh sebab itu, tingkat ketersediaan pupuk urea dituntut untuk terus tinggi sehingga tidak terjadi kelangkaan.

Kelangkaan pupuk subsidi merupakan fenomena yang terjadi secara berulang-ulang hampir terjadi setiap tahun. Hal ini mendorong meningkatnya harga pupuk yang sebenarnya telah ditetapkan oleh pemerintah. Salah satu penyebab terjadinya kelangkaan pupuk subsidi di Indoneisa ialah permintaan pupuk subsidi yang fluktuatif dan berpola musiman, sementara produsen pupuk di Indonesia berproduksi secara konstan. Berikut merupakan data perbandingan permintaan pupuk urea besubsidi dan produksi pupuk urea pada tahun 2016 di Indonesia :



Gambar 1.2 Perbandingan Permintaan dan Produksi Pupuk Subsidi (ton)
sumber : (PT Pupuk Indonesia, 2015)

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa permintaan pupuk urea di Indonesia berpola musiman. Permintaan pupuk subsidi meningkat pada puncak musim tanam yaitu pada bulan November hingga Januari. Pada bulan-bulan tersebut sering dijumpai kelangkaan pupuk subsidi karena permintaan yang besar pada puncak musim tanam. Sehingga pengelolaan persediaan yang baik perlu dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya kelangkaan pupuk subsidi.

Untuk mengantisipasi melonjaknya permintaan pupuk subsidi, pemerintah telah mengambil langkah dengan menetapkan minimum stok di gudang dalam melakukan penyaluran pupuk subsidi. Berdasarkan Peraturan Kementerian Perdagangan Republik no 15 tahun 2013, pemerintah menetapkan kebijakan stok minimum ketersediaan pupuk di gudang Lini III, gudang distributor, dan gudang pengecer. Peraturan tersebut menjelaskan bahwa PT X wajib menjamin ketersediaan pupuk subsidi di Lini III paling sedikit untuk kebutuhan 2 minggu atau 3 minggu pada puncak masa tanam sesuai dengan rencana kebutuhan yang telah ditetapkan. Sedangkan untuk ketersediaan pupuk subsidi di gudang distributor harus menjamin paling sedikit 2 minggu sesuai dengan rencana kebutuhan yang telah ditetapkan. Dan untuk ketersediaan pupuk subsidi di gudang pengecer harus menjamin ketersediaan 2 minggu sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan.

Namun, penentuan minimum stok ini berlaku untuk setiap gudang Lini III, gudang distributor, dan gudang pengecer diseluruh Indonesia. Sehingga, gudang yang berada dekat dengan produsen pupuk juga tidak lepas dari kebijakan tersebut. Dengan demikian gudang Lini III, gudang distributor, dan gudang pengecer yang berada didekat produsen pupuk harus menyediakan stok sebanyak 2 minggu atau 3 minggu sesuai dengan anggaran pengeluaran pupuk subsidi di daerah tersebut. Padahal penentuan minimal stok seharusnya berdasarkan *lead time*, *demand*, dan *service level* yang ingin dipenuhi (Waters, 2003). Dengan demikian penetapan minimal stok setiap gudang seharusnya berbeda, karena memiliki *lead time*, *demand*, dan *service level* harapan yang berbeda. Ketiga variabel tersebut juga memiliki tingkat ketidakpastian yang berdistribusi sesuai dengan data yang didapat. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk

mengakomodasi ketidak pastian tersebut ialah dengan menggunakan *vendor managed inventory*.

Vendor managed inventory (VMI), merupakan model dimana pembeli tidak lagi memutuskan jadwal pemesanan dan kuantitas pemesanan. Namun, pembeli harus memberikan informasi secara aktual tentang permintaan dari pelanggan mereka, persediaan yang tersisa, dan informasi kegiatan yang menyebabkan meningkatnya permintaan. Dengan mengetahui informasi tersebut, maka pemasok menentukan sendiri waktu dan jumlah pengiriman kepada perusahaan pembeli (Pujawan, 2010). Pola distribusi VMI meminimalisir terjadinya distorsi informasi permintaan, selain itu perusahaan dapat menyiapkan stok dan mengelola persediaan secara efisien.

Terdapat banyak faktor yang saling berkaitan dalam proses distribusi pupuk subsidi. Simulasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan sistem yang kompleks. Kompleksitas sistem yang dimaksud ialah terdapat banyak variabel dan variabel saling berkaitan.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan model simulasi untuk menganalisa sistem distribusi pupuk subsidi dengan strategi *vendor managed inventory* dan tidak terikat pada Peraturan Meteri Perdagangan. Sehingga ditentukan jumlah minimum stok yang dapat memberikan cost yang rendah dengan tetap memperhatikan service level.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang dijelaskan bahwa permasalahan yang dibahas pada penelitian tugas akhir ini ialah bagaimana menentukan stok minimum pupuk subsidi yang lebih baik di gudang Lini III dengan memperhatikan pola permintaan pupuk subsidi.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini ialah sebagai berikut :

1. Membuat model pengembangan distribusi pupuk subsidi untuk mengetahui stok minimum terbaik pada gudang penyangga.
2. Menganalisa kebijakan pemerintah dalam penentuan stok minimal pupuk subsidi pada gudang penyangga.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai pada penelitian ini ialah untuk memberikan rekomendasi penentuan minimal stok pada gudang lini tiga dengan model simulasi penerepan strategi *vendor managed inventory*.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini dikategorikan menjadi batasan dan asumsi. Berikut merupakan batasan dan asumsi pada penelitian ini :

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini ialah :

1. Proses distribusi yang diamati pada penelitian ini ialah distribusi pada gudang penyangga.
2. Produk yang diperhitungkan adalah pupuk Urea bersubsidi.
3. Penelitian dilakukan terhadap gudang penyangga PT X untuk wilayah Bojonegoro, Lamongan, Tuban dan Gresik.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini ialah

1. Kapasitas moda transportasi menuju alokasi pengiriman ialah 30 ton.
2. Truk yang dibutuhkan selalu tersedia.
3. Biaya penyimpanan diasumsikan 30% dari nilai gudang
4. Truk memiliki pola angkut *dedicated item*.
5. Permintaan pupuk pada tiap gudang penyangga menjadi satu sesuai dengan data permintaan pupuk urea bersubsidi pada PT X

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Penelitian ini terdiri dari enam bab sistematika penulisan, antara lain:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai landasan teori yang digunakan dalam penelitian. Landasan teori ini dapat berupa jurnal, artikel ilmiah, buku, dan sumber lain yang terkait dan dapat dipertanggungjawabkan keabsahannya.

BAB 3 METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang berisi tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian.

BAB 4 PEMBUATAN MODEL

Pada Bab Pembuatan Model akan dijelaskan mengenai tahapan pembuatan model simulasi pada penerapan strategi *vendor managed inventory* pada gudang lini tiga PT X.

BAB 5 ANALISIS

Pada Bab Analisis akan dilakukan analisis terhadap keputusan yang sebaiknya diambil dengan cara membandingkan sistem distribusi yang ada dengan model *vendor managed inventory*. Setelah itu dilakukan pengambilan keputusan mengenai strategi terbaik berdasarkan variabel respon biaya dan service level.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab Kesimpulan dan Saran akan dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil pelaksanaan penelitian tugas akhir sesuai dengan tujuan yang ingin

dicapai serta saran-saran yang dapat diberikan untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian lain yang diperoleh dari acuan yang dijadikan landasan untuk melakukan kegiatan penelitian yang dijadikan tugas akhir. Pada bab tinjauan pustaka dijelaskan mengenai *Supply Chain Management*, *Vendor Managed Inventory*, *Inventory Management*, *Sistem Simulasi*, *Pemodelan Sistem*, dan *Simulasi*

2.1 Supply Chain Management

Supply Chain merupakan sekumpulan entitas yang terlibat dalam hulu dan hilir dari produk, jasa, keuangan dan informasi kepada pelanggan (Mentzer, 2001). *Supply Chain* membentuk suatu jaringan koordinatif dari pihak-pihak yang terlibat dalam proses produksi dan penyaluran kepada pelanggan. Pihak-pihak yang terlibat umumnya ialah *supplier*, perusahaan, distributor, ritel, dan pihak-pihak lainnya yang mendukung operasional rantai pasok.

Supply Chain Management ialah aliran barang yang dimulai dari pemasok dan dilanjutkan dengan proses distribusi ke pelanggan akhir. *Supply Chain Management* juga mengatur integrasi hubungan dari semua pihak yang terlibat dalam rantai pasok agar proses yang dilakukan berjalan dengan efektif dan efisien. Rantai pasok yang efektif dan efisien ialah rantai pasok dengan produk yang tepat, jumlah yang tepat, kondisi yang tepat, tempat yang tepat, waktu yang tepat, konsumen yang tepat, dan harga yang tepat (Oliver & Weber, 1982). Dalam *Supply Chain* terdapat tiga macam aliran yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran Barang, yaitu barang yang dikelola dan didistribusikan dari hulu ke hilir.
2. Aliran Informasi, yaitu informasi yang terjadi selama proses distribusi barang dari hulu ke hilir maupun hilir ke hulu.
3. Aliran Uang, yaitu uang atau biaya yang terjadi selama proses distribusi barang dari hulu ke hilir atau hilir ke hulu.

Ketiga aliran tersebut merupakan aliran yang harus diolah oleh pihak yang terlibat agar rantai pasok dapat berjalan dengan efektif dan efisien.

2.2 Vendor Managed Inventory

Pada umumnya, konsumen selalu menentukan waktu pemesanan dan kuantitas pemesanan sehingga *supplier* mengikuti permintaan konsumen berdasarkan informasi yang diberikan oleh konsumen. Namun, pola persediaan seperti ini menyebabkan *supplier* perlu melakukan peramalan permintaan untuk mengantisipasi terjadinya permintaan yang terjadi secara tiba-tiba. Hal ini menyebabkan *supplier* harus memiliki persediaan yang cukup besar untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

Vendor managed inventory (VMI), merupakan model dimana pembeli tidak lagi memutuskan jadwal pemesanan dan kuantitas pemesanan. Namun, pembeli harus memberikan informasi secara aktual tentang permintaan dari pelanggan mereka, persediaan yang tersisa, dan informasi kegiatan yang menyebabkan meningkatnya permintaan. Dengan mengetahui informasi tersebut, maka pemasok menentukan sendiri waktu dan jumlah pengiriman kepada perusahaan pembeli. Dalam hal ini, pembeli juga harus memberikan informasi mengenai minimum dan maksimum persediaan yang mereka harapkan (Pujawan, 2010).

Persediaan dengan model ini membutuhkan koordinasi dan pertukaran informasi yang baik antara pemasok dan pemesan. Pemasok juga harus memiliki kemampuan menganalisa pola permintaan, *lead time* pengiriman, dan harus mampu meramalkan permintaan dengan baik berdasarkan informasi yang diberikan oleh pemesan. Penerapan metode ini dapat mengurangi persentase stock out mendekati 0% dan mampu mengurangi persediaan pemasok hingga 46% dan pengiriman menjadi jauh lebih konsisten.

2.3 Inventory Management

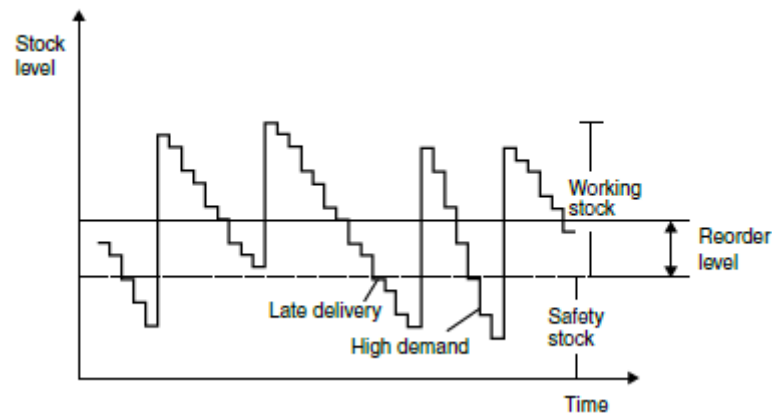
Pada bagian ini dijelaskan mengenai persediaan, *Customer Service Level*, *Reorder Point*, dan *Lead Time*.

2.3.1 Persediaan

Persediaan merupakan hal yang harus dioptimalkan oleh perusahaan agar barang yang dipasarkan dapat diperoleh dan dapat dijangkau oleh

konsumen. Pengelolaan persediaan perlu dilakukan secara efisien agar tidak menimbulkan biaya yang besar bagi perusahaan. Tujuan dari dilakukannya persediaan ialah untuk memaksimumkan *service level* dan meminimumkan *inventory cost*. Sehingga perlu dicari perhitungan optimal untuk persediaan yang dilakukan. Setiap perusahaan memiliki kebijakan persediaan yang berbeda, hal ini ditentukan dengan mempertimbangkan sifat barang yang disimpan, biaya persediaan, kapasitas gudang, dan lain-lain. Persediaan dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu *Pipeline Inventory*, *Cycle Stock*, *Safety Stock*, dan *Anticipation Stock* (Pujawan, 2010).

1. *Pipeline Inventory*, merupakan persediaan yang ada pada saat proses pengiriman barang. Sehingga barang merupakan barang yang telah meninggalkan perusahaan, namun barang tersebut masih belum memiliki pembeli yang sesungguhnya dan masih berada dalam rantai distribusi perusahaan.
2. *Cycle Stock*, merupakan persediaan yang ada karena pemenuhan terhadap skala ekonomi tertentu. Sehingga persediaan ini merupakan persediaan untuk permintaan dalam jumlah yang besar pada periode tertentu dengan kuantitas permintaan yang kecil.
3. *Anticipation Stock*, persediaan yang diadakan untuk memenuhi permintaan yang tinggi berdasarkan peramalan yang dilakukan. Biasa persediaan ini dilakukan setelah dilakukan peramalan untuk produk musiman, atau produk yang permintaannya meningkat pada waktu-waktu tertentu.
4. *Safety Stock*, ialah persediaan yang dilakukan untuk menghindari terjadinya *stockouts*. Stock out dapat terjadi karena beberapa faktor diantaranya fluktuasi permintaan, peramalan yang kurang akurat, dan variability lead time. *Safety Stock* perlu disediakan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *shortage* dan menjaga kepuasan konsumen. *Safety Stock* dapat digambarkan dalam gambar berikut.



Gambar 2.1 Penetapan Safety Stock

Sumber : (Waters, 2003)

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa safety stock merupakan persediaan yang terus diadakan untuk mengantisipasi ketidak pastian *demand* dan ketidakpastian *lead time*. Jumlah safety stock yang terlalu sedikit dapat menyebabkan timbulnya shortage cost karena safety stock tidak mampu mengantisipasi ketidakpastian demand dan lead time. Namun, safety stock yang terlalu banyak menyebabkan holding cost semakin mahal.

2.3.2 Customer Service Level

Customer service level ialah probabilitas ketersediaan barang agar tidak terjadi stock out dalam ordering cycle (Waters, 2003). *Customer service level* dapat menjadi indikasi bahwa perusahaan mampu memenuhi permintaan konsumen. *Customer service level* yang tinggi meminimalkan terjadinya stock out dan menjamin terpenuhinya kebutuhan konsumen. Namun, customer service level yang tinggi menyebabkan persediaan yang perlu disiapkan tinggi sehingga inventory cost dan biaya pengadaan lainnya juga meningkat.

Safety stock dan *service level* secara umum dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$Safety\ Stock = Safety\ Factor * Average\ replenishment\ leadtime$$

$$\text{Service Level} = \frac{\text{Number of the quantities delivered in time}}{\text{Total quantity of the demand}}$$

Untuk menghitung *Safety Stock* dengan waktu penambahan yang acak, maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Safety Stock} = Z \times \sqrt{\frac{LT}{T}} \times \sigma D$$

Dimana :

Z = Service Factor (Z-score)

σ_D = Standard Deviasi Permintaan

LT= Lead Time Total

T = Waktu yang Digunakan Menghitung σ_D

Untuk menghitung *safety stock* yang memfokuskan pada variability Lead Time, maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Safety Stock} = Z \times \sigma_{LT} \times D(\text{avg})$$

Dimana :

Z = Service Factor (Z-Score)

σ_{LT} = Standard Deviasi Lead Time

D(avg) = Rata-rata Permintaan

Untuk menghitung *safety stock* yang mempertimbangkan variability permintaan dan variability lead time, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

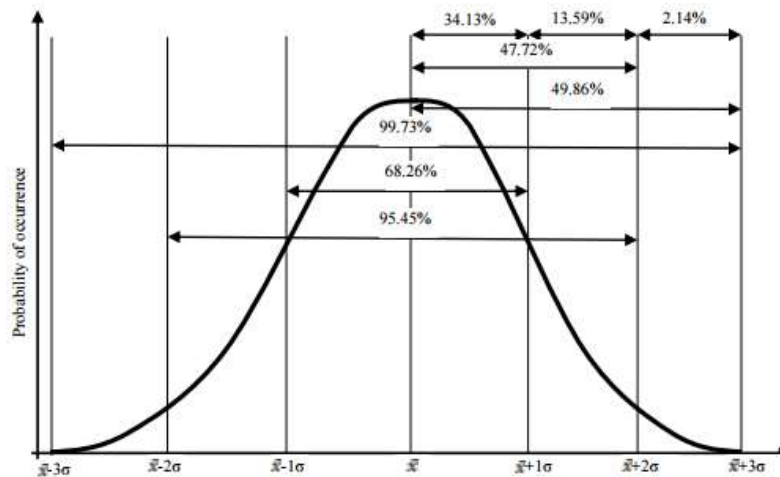
$$\text{Safety Stock} = Z \times \sqrt{\frac{LT}{T}} \times \sigma^2 D$$

Bila permintaan dan *lead time* tidak independent maka *safety stock* dapat dihitung dengan rumus

$$\text{Safety Stock} = Z \times \sqrt{\frac{LT}{T}} \times \sigma D + Z \times \sigma_{LT} \times D(\text{avg})$$

Service level dapat didekati dengan menggunakan distribusi normal. Semakin tinggi service level yang diinginkan maka kebutuhan

barang tersebut juga semakin meningkat. Berikut merupakan diagram distribusi normal untuk perhitungan service level :



Gambar 2.2 Service Level pada Distribusi Normal

sumber : (Hoppe, 2008)

Service Factor dihitung berdasarkan standard deviasi yang digunakan untuk menghitung service level. Persentase service faktor dikonfersikan menjadi service level. Berikut merupakan hasil perhitungan service level.

Tabel 2.1 Tabel Perhitungan Service Factor

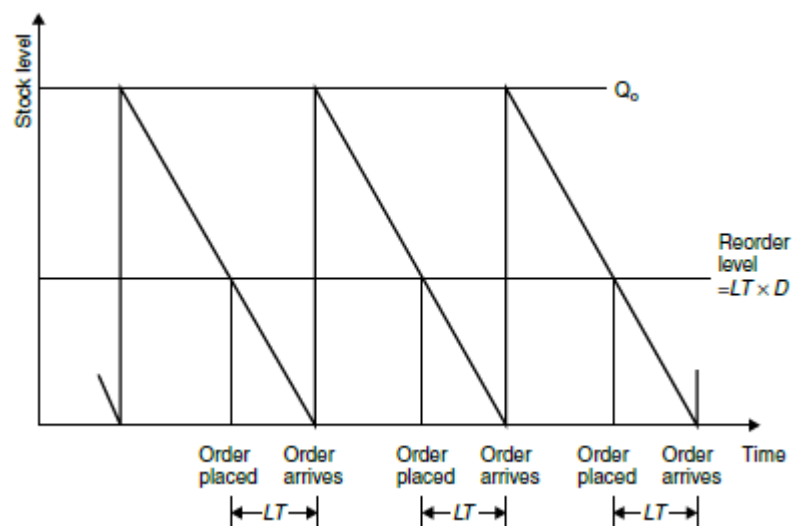
Desired service level	Service factor
50%	0,0
60%	0,3
70%	0,5
80%	0,8
85%	1,0
90%	1,3
93%	1,5
95%	1,6
97%	1,9
98%	2,1
99%	2,3
99,90%	3,1

Berdasarkan tabel perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa service level dan service faktor tidak berelasi secara linear. Semakin besar

service level yang diinginkan maka service faktor yang diperlukan juga meningkat semakin tajam, begitu pula dengan kebutuhan persediaan meningkat tajam sehingga biaya inventory meningkat.

2.3.3 Reorder Point (ROP)

Reorder Point ialah titik dimana pada saat tersebut order harus dilakukan pemesanan agar barang tiba tepat setelah persediaan habis. *Reorder Point* dihitung agar material yang diperlukan tidak terlebih dahulu habis, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya *stock out*. *Reorder Point* dapat digambarkan dalam grafik berikut :



Gambar 2.3 Grafik Reorder Level Berdasarkan Demand dan Lead Time
sumber : (Waters, 2003)

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa reorder point dipengaruhi oleh Lead Time dan Demand. Reorder point dapat dihitung dengan menggunakan formulasi berikut :

$$ROP = \text{Lead Time} \times \text{Demand}$$

Safety Stock juga berpengaruh terhadap perhitungan ROP. Bila safety stock dihitung berdasarkan ketidak pastian *lead time*. Maka, ROP dapat dihitung dengan menggunakan formulasi berikut :

$$ROP = \text{Lead Time Demand} + \text{Safety Stock}$$

$$ROP = LT \times D + Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$$

Dengan :

LT = Lead Time

D = Demand

Z = Service Level

σ = Standard Deviasi Lead Time

2.3.4 Lead Time

Lead Time merupakan lamanya waktu dari pemesanan hingga barang yang dipesan datang. Berikut merupakan beberapa hal yang menyebabkan terjadinya lead time (Walters, 2003) :

1. Persiapan waktu pemesanan. Lead Time ini terjadi ketika suatu perusahaan membeli material dari supplier, maka terdapat *delay* sebelum pesanan dikirim kepada supplier. *Delay* yang terjadi disebabkan oleh kegiatan administrasi pemesanan.
2. Waktu pengiriman order kepada supplier. Pemesanan yang dilakukan secara online mampu menghilangkan sebagian dari waktu pengiriman order. Namun, untuk waktu pengiriman waktu order yang dilakukan secara konvensional kegiatan ini cukup memakan waktu. Hal lain yang dapat menambah waktu pengiriman order kepada supplier ialah ketika penerima supplier sedang tidak berada ditempat, sehingga perlu waktu hingga supplier menerima pemesanannya.
3. Waktu untuk supplier memproses pemesanan. Waktu ini diperlukan oleh supplier untuk memproses pesanan, melengkapi administrasi dan menyiapkan pengiriman.
4. Waktu pengiriman barang oleh supplier. Waktu ini ialah waktu yang digunakan oleh supplier untuk mengirimkan barang kepada pemesan. Waktu yang diperlukan untuk proses ini banyak bergantung kepada jarak pengiriman, sehingga semakin jauh jarak pengiriman maka semakin lama waktu untuk menerima barang dari supplier.
5. Waktu proses penerimaan barang dari supplier. Waktu ini merupakan waktu setelah barang tiba di tempat pemesanan. Waktu

ini merupakan total waktu dari proses *checking, inspetion, recording, cataloguing, movement*, dan waktu pemindahan lainnya.

Total waktu tersebut merupakan lead time yang diperlukan dari pemesanan barang hingga barang yang dipesan sampai ditangan pemesan. Konsumen menginginkan produk yang dipesan sampai secepat mungkin. Supplier juga menginginkan agar produk yang dikirim bisa sampai secepat mungkin, hal ini bertujuan untuk meningkatkan kepuasan konsumen serta mengurangi biaya holding cost yang terlalu lama.

2.4 Pemodelan Sistem

Sistem merupakan sekumpulan dari beberapa atribut yang saling berinteraksi dan memiliki tujuan bersama yang ingin dicapai (Daellenbach & Donald C, 2005). Terdapat beberapa komponen yang ada di dalam suatu sistem, yaitu :

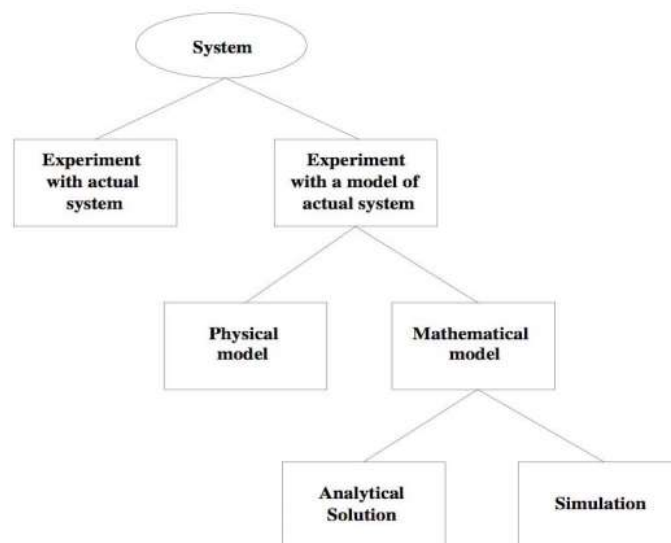
1. Entitas, entitas ialah objek yang diproses melalui sistem.
2. Atribut, atribut ialah sifat yang dimiliki oleh entitas
3. Aktivitas, aktivitas merupakan kegiatan yang dilakukan oleh entitas dalam periode tertentu.
4. Variabel, variabel ialah status atau informasi keadaan sistem
5. Event, event merupakan kejadian tiba-tiba yang dapat merubah sistem.
6. Resource, resource merupakan objek yang digunakan agar sistem dapat melakukan aktifitasnya.
7. Control, merupakan sesuatu yang mengendalikan sistem dan mengatur aktifitas

Model merupakan suatu pola yang dibentuk untuk meniru pola dari perilaku dalam sistem di kehidupan nyata. Model juga dapat diartikan sebagai kegiatan yang menghasilkan suatu model, dimana model tersebut mampu menggambarkan struktur dari sistem yang dimodelkan (Daellenbach & Donald C, 2005). Model dibuat dengan tujuan mempelajari perilaku sistem dalam kehidupan nyata, untuk memprediksi pola dari perubahan yang terjadi, dan untuk memprediksi performansi dari

sistem baru yang dikembangkan. Terdapat beberapa kriteria sehingga model dapat dikatakan model yang baik, yaitu :

1. Mudah dimengerti.
2. Memiliki objektif yang jelas.
3. Memiliki permasalahan yang jelas.
4. Mampu menggambarkan situasi nyata.
5. Mudah dikontrol sehingga dapat dengan mudah dimanipulasi.

Sebelum melakukan pemodelan sistem, terlebih dahulu dilakukan pemahaman terhadap sistem yang dimodelkan. Berikut merupakan diagram alur pemahaman sistem.



Gambar 2.4 Cara mempelajari sistem

sumber : (Kelton, 2002)

1. Eksperimen dengan sistem aktual merupakan percobaan yang dilakukan secara nyata terhadap sistem yang berjalan. Eksperimen ini memberikan hasil yang baik dan sesuai dengan sistem yang dipelajari karena eksperimen dilakukan pada sistem secara langsung. Namun, eksperimen seperti ini memakan banyak biaya karena mengganggu sistem yang sedang berjalan. Selain itu, eksperimen ini tidak bisa dilakukan terhadap sistem yang masih berada dalam rancangan atau pengembangan.

2. Eksperimen dengan model sistem merupakan percobaan yang dilakukan dengan cara memodelkan suatu sistem nyata menjadi model fisik atau model matematis. Setelah itu eksperimen dilakukan terhadap model yang telah dibuat, sehingga percobaan dengan cara ini tidak mengganggu sistem nyata yang sedang berjalan.
3. Model fisik merupakan model yang berbentuk gambaran tiga dimensi dari sistem yang ditiru. Biasanya model fisik berbentuk maket dan prototype.
4. Model matematis merupakan model yang dibuat dalam bentuk perhitungan angka dan formulasi yang menjelaskan hubungan antar variabel dan entitas dari sistem nyata.
5. Solusi Analitis merupakan solusi yang dapat digunakan bila model matematis yang dikembangkan cukup sederhana dan efisien sehingga solusi dapat ditemukan dari relasi matematisnya.
6. Simulasi digunakan untuk mempelajari suatu model yang cukup kompleks dan sangat sulit untuk diselesaikan dengan metode analitis. Simulasi tidak memberikan hasil sebaik metode analitis, namun simulasi mampu memberikan hasil yang mendekati optimal.

2.5 Simulasi

Simulasi merupakan tiruan dari proses kegiatan nyata atau tiruan dari suatu sistem yang telah ada. Simulasi juga suatu metode aplikatif yang digunakan untuk meniru perilaku dari sistem nyata, menggunakan bantuan sistem komputasi dengan *software* yang sesuai (Kelton, 2002). Tujuan dari dilakukannya simulasi ialah untuk menganalisa perilaku dari sistem nyata bila terjadi perubahan. Selain itu simulasi juga digunakan untuk menganalisa model atau sistem yang dikembangkan. Terdapat beberapa kriteria permasalahan yang baik diselesaikan dengan simulasi, yaitu :

1. Simulasi mampu memahami interaksi antara elemen dari subsistem dengan sistem yang kompleks.
2. Model simulasi mampu memberikan pengetahuan baru dari sistem yang dikembangkan.

3. Simulasi dapat menemukan input variabel respon yang penting dengan mengganti inputan dalam simulasi.
4. Simulasi meminimasi biaya percobaan bila dilakukan secara nyata.
5. Simulasi dapat mengakomodasi ketidak pastian, dan nonstationarity model

Model simulasi dibagi menjadi tiga, yaitu (Kelton, 2002):

1. Model Simulasi Statis dan Model Simulasi Dinamis.

Model simulasi statis ialah model yang dibuat ketika sistem tidak dipengaruhi oleh perubahan waktu. Sedangkan model dinamis merupakan model yang dibuat untuk sistem yang dipengaruhi oleh perubahan waktu.

2. Model Simulasi Deterministik dan Model Simulasi Stokastik.

Model simulasi deterministik merupakan model yang dibuat untuk sistem yang tidak memiliki kejadian yang bersifat random. Sedangkan model stokastik merupakan model yang dibuat untuk sistem yang memiliki kejadian bersifat random.

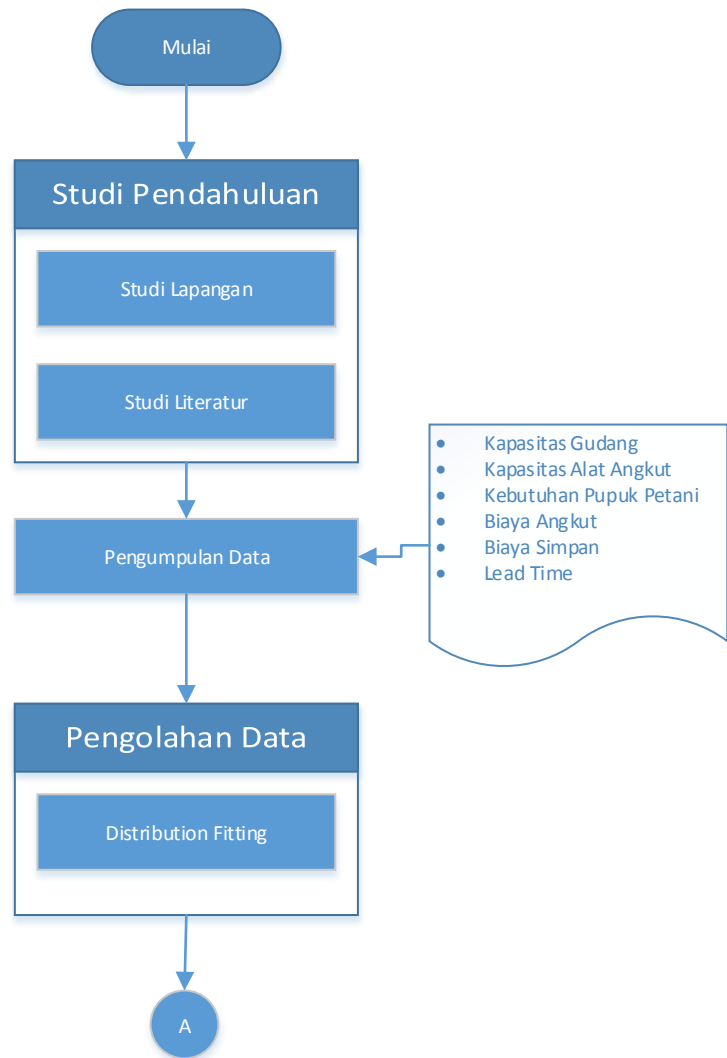
3. Model Simulasi Kontinyu dan Model Simulasi Diskret.

Sistem dikatakan diskret, apabila variabel sistem tersebut mengalami perubahan disuatu titik tertentu. Sedangkan sistem kontinyu ialah sistem yang variabelnya berubah secara berkelanjutan atau berubah seiring dengan dengan berjalannya waktu.

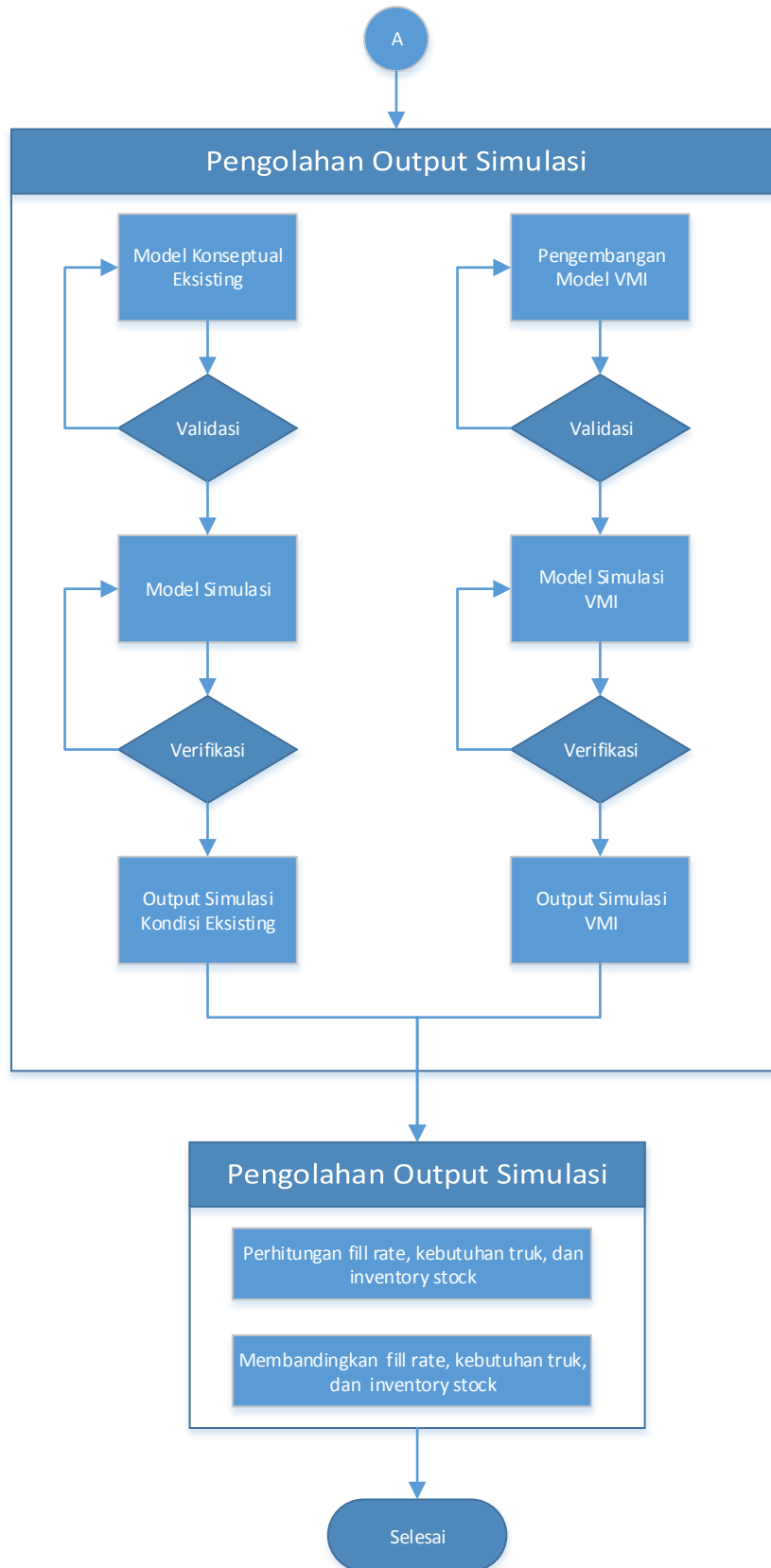
BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam melakukan penelitian. Berikut merupakan flowchart metodologi penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Flowchart Metodologi Penelitian



Gambar 3.1. Flowchart Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.1 Studi Pendahuluan

Pada Bagian ini dilakukan studi lapangan dan studi literatur, untuk mencari permasalahan terkait dan metode yang baik digunakan pada permasalahan tersebut. Dalam hal ini dilakukan observasi lapangan dan mencari permasalahan dalam sistem real yang ada. Setelah itu dilakukan studi literatur untuk mencari solusi dari penelitian terkait permasalahan yang diteliti pada penelitian ini.

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data, dilakukan pencarian data relevan terkait dengan kasus yang ada pada bagian sebelumnya. Dalam hal ini, data yang dicari ialah data:

1. Kapasitas Gudang Lini III
2. Kapasitas Alat Angkut.
3. Kebutuhan Pupuk Petani
4. Biaya Angkut
5. Biaya Simpan
6. Lead Time

Dari data-data tersebut maka dilakukan pengolahan data.

3.3 Pengolahan data

Pada bagian ini juga dilakukan *fitting distribution* untuk mengetahui pola distribusi pada data-data yang telah diperoleh. Pola data tersebut nantinya menjadi input untuk melakukan simulasi.

3.4 Simulasi

Pada bagian ini dilakukan pembuatan model konseptual, validasi, buatan model dan simulasi data aktual, verifikasi, pembuatan model skenario perbaikan, verifikasi, dan didapatkan output simulasi.

3.4.1 Pembuatan Model Konseptual

Pada bagian ini dilakukan pembuatan model dengan cara meniru mekanisme sistem nyata dari sistem yang diteliti.

3.4.2 Validasi

Pada bagian ini dilakukan pengujian apakah model konseptual yang dibuat sudah sesuai dengan sistem nyata yang ditiru. Bila model belum sesuai maka penelitian kembali pada pembuatan model konseptual. Jika model sudah sesuai dengan sistem nyata yang ditiru, maka dilanjutkan dengan proses verifikasi. Dalam hal ini variabel yang digunakan untuk melakukan validasi ialah variabel permintaan pupuk urea subsidi. Validasi dilakukan dengan menggunakan t-test dengan tingkat kepercayaan 95% untuk melihat apakah permintaan pupuk urea pada model sudah menggambarkan kondisi aktual.

3.5 Verifikasi

Pada bagian ini dilakukan pengujian apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan logika matematis dalam pengerjaannya, bila sudah sesuai maka dilanjutkan dengan pembuatan model perbaikan, namun bila belum sesuai maka dilakukan pembuatan model aktual ulang. Dalam penelitian ini verifikasi dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan *trace debug* dan dengan perhitungan variabel respon secara manual. Variabel respon yang digunakan untuk verifikasi ialah variabel respon *fill rate*.

3.6 Pengolahan hasil output simulasi

Pada bagian ini dilakukan pengolahan terhadap output dari simulasi. Pengolahan tersebut ialah perhitungan *fill rate*, kebutuhan truk, dan *inventory level*. Perbandingan hasil dilakukan dengan memperhatikan *output fill rate*, kebutuhan truk, dan *inventory level*. *Fill rate* semakin baik bila memiliki nilai yang tinggi, kebutuhan truk semakin baik jika jangkauannya rendah, dan *inventory level* semakin baik bila nilainya kecil.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

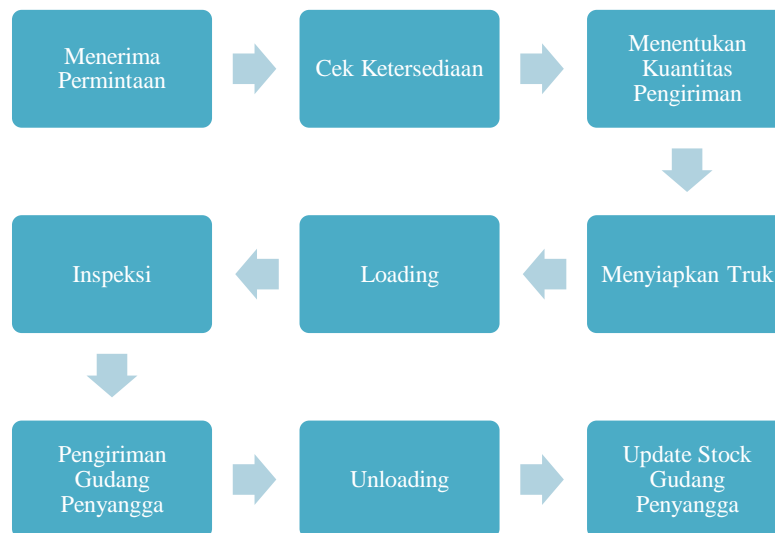
Pada bab ini dijelaskan data-data dan tahapan dalam perancangan model distribusi pupuk subsidi. Tahapan yang dilakukan ialah pengumpulan data, pengolahan data, pembuatan model, dan pengujian pada model yang dibuat.

4.1 Pengumpulan Data

Pada sub-bab ini dijelaskan mengenai data-data yang digunakan dalam pembuatan model konseptual dan data-data yang digunakan dalam pembuatan model simulasi.

4.1.1 Mekanisme Distribusi Pupuk Subsidi

Mekanisme distribusi pupuk subsidi ialah regulasi atau aturan yang berlaku dalam pengiriman pupuk subsidi dari menerima order hingga proses unloading di gudang tujuan. Pada penelitian ini, truk diasumsikan selalu tersedia karena pada kondisi lapangan truk disediakan oleh pihak ke tiga. Selain itu, distribusi pupuk yang diamati dibatasi distribusi pupuk yang berada pada kabupaten yang berada di Jawa Timur.



Gambar 4.1 Alur Proses Distribusi Pupuk pada PT X

Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing proses yang terjadi dalam distribusi pupuk pada PT X.

1. Menerima Permintaan

Permintaan dilakukan melalui surat permohonan pengiriman pupuk yang dikirim secara langsung kepada PT X. Surat permohonan berisikan identitas wilayah gudang dan kuantitas pupuk yang diminta. Jumlah permintaan disesuaikan dengan kuota tiap wilayah yang sudah ditentukan oleh Kementerian Pertanian

2. Cek Ketersediaan

Pada proses ini, PT X melakukan evaluasi ketersediaan stok untuk melihat keadaan stok secara aktual. Pengiriman segera dilakukan bila level stok cukup. Bila level stok tidak cukup maka permintaan harus menunggu hingga level stok cukup agar proses distribusi bisa dilakukan.

3. Menentukan Kuantitas Pengiriman

Tidak semua permintaan dipenuhi sesuai kuantitas yang diminta. Terdapat beberapa faktor yang digunakan sebagai bahan pertimbangan yaitu level stok dan jatah pengiriman tiap kabupaten. Bila permintaan sudah melebihi batas yang ditentukan Kementerian Pertanian maka tidak dilakukan pengiriman atau pengiriman dilakukan sesuai dengan sisa jatah yang masih tersisa.

4. Menyiapkan Truk

Pengadaan truk dilakukan dengan bantuan pihak ketiga. Ketika truk sudah tidak tersedia maka PT X segera melakukan kerja sama dengan pihak pengadaan truk lainnya. Sehingga dalam proses ini ketersediaan truk dianggap tidak terbatas.

5. *Loading*

Loading merupakan proses pengangkutan pupuk. Kapasitas truk yang digunakan ialah truk dengan kapasitas 30 ton. Pupuk yang diangkut ialah pupuk dengan berat 50 kg.

6. Inspeksi

Proses ini merupakan proses pemeriksaan untuk melihat kesesuaian kuantitas pengiriman yang dilakukan. Proses dilakukan dengan cara menimbang truk beserta isinya.

7. Pengiriman ke Gudang Penyangga

Proses pengiriman merupakan lamanya waktu perjalanan truk dari pabrik menuju gudang penyangga. Waktu pengiriman dipengaruhi oleh jarak pengiriman yang dilakukan.

8. *Unloading*

Proses *unloading* ialah penurunan muatan truk. Dalam proses ini juga dilakukan pemeriksaan jumlah pupuk yang dikirim.

9. Update Stok Gudang Penyangga

Proses ini merupakan proses penambahan stok pada data base gudang penyangga. Proses ini dilakukan setelah truk melakukan inspeksi. Stok gudang penyangga merupakan variabel yang diperhatikan levelnya.

4.1.2 Aktifitas Truk

Pengumpulan data tentang aktifitas truk bertujuan untuk mengetahui kegiatan truk dalam melakukan pengiriman. Pengumpulan data aktifitas truk dapat membantu untuk membuat model konseptual sistem distribusi pupuk subsidi dan

didapatkan juga data waktu pada setiap kegiatan pengiriman. Dalam model yang digunakan jumlah truk diasumsikan tidak terhingga. Asumsi ini digunakan karena dalam kondisi eksisting, tidak pernah terjadi kekurangan moda angkut. Truk yang digunakan menggunakan jasa pihak ketiga sehingga ketika truk yang digunakan sudah habis maka dilakukan kerja sama dengan pihak lainnya dalam pengadaan truk.

4.1.3 Data Permintaan Pupuk Subsidi

Data permintaan pupuk subsidi merupakan data permintaan pupuk subsidi dan tujuan untuk empat kabupaten yang berada di Jawa Timur. Kabupaten yang menjadi objek amatan ialah kabupaten Tuban, Lamongan, Gresik, dan Bojonegoro. Wilayah yang menjadi objek amatan ialah area yang kebutuhannya harus dipenuhi oleh PT X. Data permintaan pupuk subsidi tiap kabupaten merupakan input pada model simulasi.

Tabel 4.1 Jatah Permintaan Pupuk Subsidi tiap Wilayah

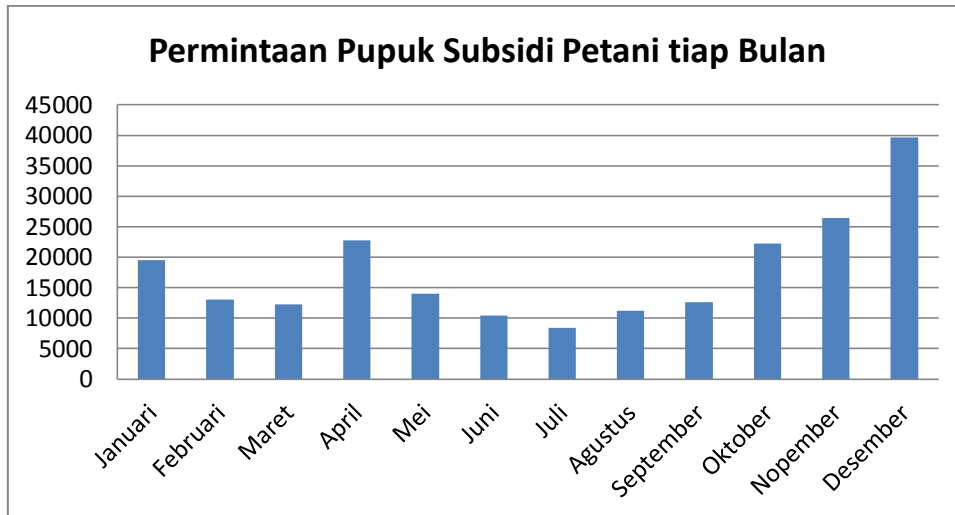
NO	Wilayah	Jatah Pengiriman (Ton)
1	BOJONEGORO	66.782
2	TUBAN	51.328
3	LAMONGAN	67.205
4	GRESIK	27.282

4.2 Pengolahan Data

Pada subbab ini, dilakukan pengolahan data yang dijadikan sebagai input model yang digunakan. Data yang digunakan ialah data permintaan petani terhadap gudang penyangga secara aktual, dan data permintaan gudang penyangga terhadap pabrik selama satu tahun.

4.2.1 Permintaan Petani pada Gudang Penyangga

Sebelum dilakukan simulasi terhadap model, perlu diketahui terlebih dahulu pola permintaan petani terhadap gudang penyangga. Berikut merupakan data permintaan pupuk urea bersubsidi pada tahun 2016.



Gambar 4.2 Permintaan Pupuk Urea Subsidi Petani pada tahun 2016

Data tersebut merupakan data permintaan petani kepada gudang penyangga di wilayah Bojonegoro, Tuban, Lamongan, dan Gresik pada tahun 2016 dalam satuan ton. Data permintaan pupuk subsidi oleh petani harian dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan data tersebut maka dilakukan pencarian ekspresi dari permintaan petani yang memiliki distribusi tertentu. Pengambilan pola berdasarkan musim tanam yang terjadi di Indonesia. Terdapat tiga musim tanam di Indonesia yaitu musim tanam raya (Nopember – Maret), musim tanam kemarau (April – Juli), dan musim tanam gardu (Agustus – Oktober). Berikut merupakan hasil dari *plotting* distribusi menggunakan *software* ARENA.

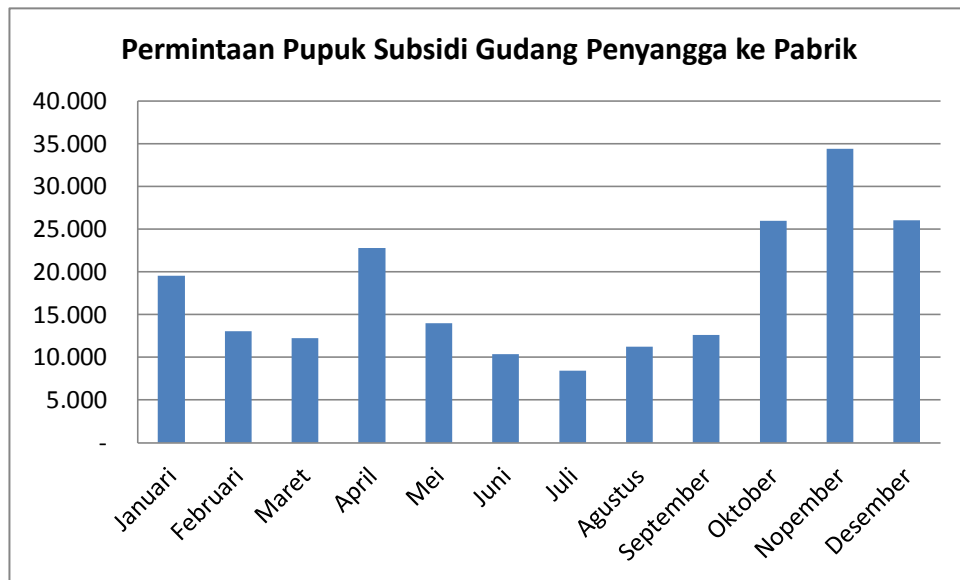
Tabel 4.2 Hasi Plotting Distribusi Permintaan Pupuk Subsidi Petani

Hasil Plotting distribusi	Permintaan
Bojonegoro 1	NORM(245, 141)
Bojonegoro 2	NORM(141, 97.1)
Bojonegoro 3	NORM(197, 113)
Tuban 1	NORM(167, 87.4)
Tuban 2	NORM(123, 51.4)
Tuban 3	tria(51, 66.8, 376)
Lamongan 1	tria(56, 179, 596)
Lamongan 2	TRIA(50, 68.5, 421)
Lamongan 3	TRIA(52, 72.8, 426)
Gresik 1	TRIA(15, 53, 294)
Gresik 2	TRIA(15, 33.3, 150)
Gresik 3	norm(60.3, 34.2)

Data yang memiliki nomor satu ialah data permintaan musim tanam raya, data kedua ialah data permintaan musim tanam kemarau, dan data ketiga ialah data permintaan musim tanam gardu. Data permintaan tidak dilakukan peramalan karena perbedaan permintaan dari tahun sebelumnya cukup kecil yaitu sebesar 6%.

4.2.2 Permintaan Gudang Penyangga kepada Pabrik

Sebelum dilakukan simulasi terhadap model, perlu diketahui terlebih dahulu pola permintaan gudang penyangga terhadap Pabrik. Berikut merupakan data permintaan pupuk urea bersubsidi pada tahun 2016.



Gambar 4.3 Permintaan Pupuk Urea Subsidi Gudang Penyangga pada tahun 2016

Data tersebut merupakan data permintaan petani kepada gudang penyangga di wilayah Bojonegoro, Tuban, Lamongan, dan Gresik pada tahun 2016 dalam satuan ton. Data permintaan pupuk subsidi oleh petani harian dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan data tersebut maka dilakukan pencarian ekspresi dari permintaan petani yang memiliki distribusi tertentu. Pengambilan pola berdasarkan musim tanam yang terjadi di Indonesia. Terdapat tiga musim tanam di Indonesia yaitu musim tanam raya (Nopember – Maret), musim tanam kemarau (April – Juli), dan musim tanam gardu (Agustus – Oktober). Berikut merupakan hasil dari *plotting* distribusi menggunakan *software* ARENA.

Tabel 4.3 Hasil Plotting Distribusi Permintaan Gudang Penyangga

Hasil Ploting distribusi	Pengiriman	Permintaan
Bojonegoro 1	NORM(530, 232)	NORM(245, 141)
Bojonegoro 2	NORM(329, 201)	NORM(141, 97.1)
Bojonegoro 3	NORM(345, 153)	NORM(197, 113)
Tuban 1	NORM(408, 170)	NORM(167, 87.4)
Tuban 2	tria(142, 194, 761)	NORM(123, 51.4)
Tuban 3	tria(170, 216, 725)	tria(51, 66.8, 376)
Lamongan 1	TRIA(139, 190, 1.18e+)	tria(56, 179, 596)
Lamongan 2	TRIA(-0.001, 106, 1.27)	TRIA(50, 68.5, 421)
Lamongan 3	NORM(349, 195)	TRIA(52, 72.8, 426)
Gresik 1	TRIA(52, 116, 951)	TRIA(15, 53, 294)
Gresik 2	norm(157, 111)	TRIA(15, 33.3, 150)
Gresik 3	TRIA(46, 95.1, 537)	norm(60.3, 34.2)

Data yang memiliki nomor satu ialah data permintaan musim tanam raya, data kedua ialah data permintaan musim tanam kemarau, dan data ketiga ialah data permintaan musim tanam gardu. Data permintaan tidak dilakukan peramalan karena perbedaan permintaan dari tahun sebelumnya cukup kecil yaitu sebesar 6%.

4.3 Model Konseptual

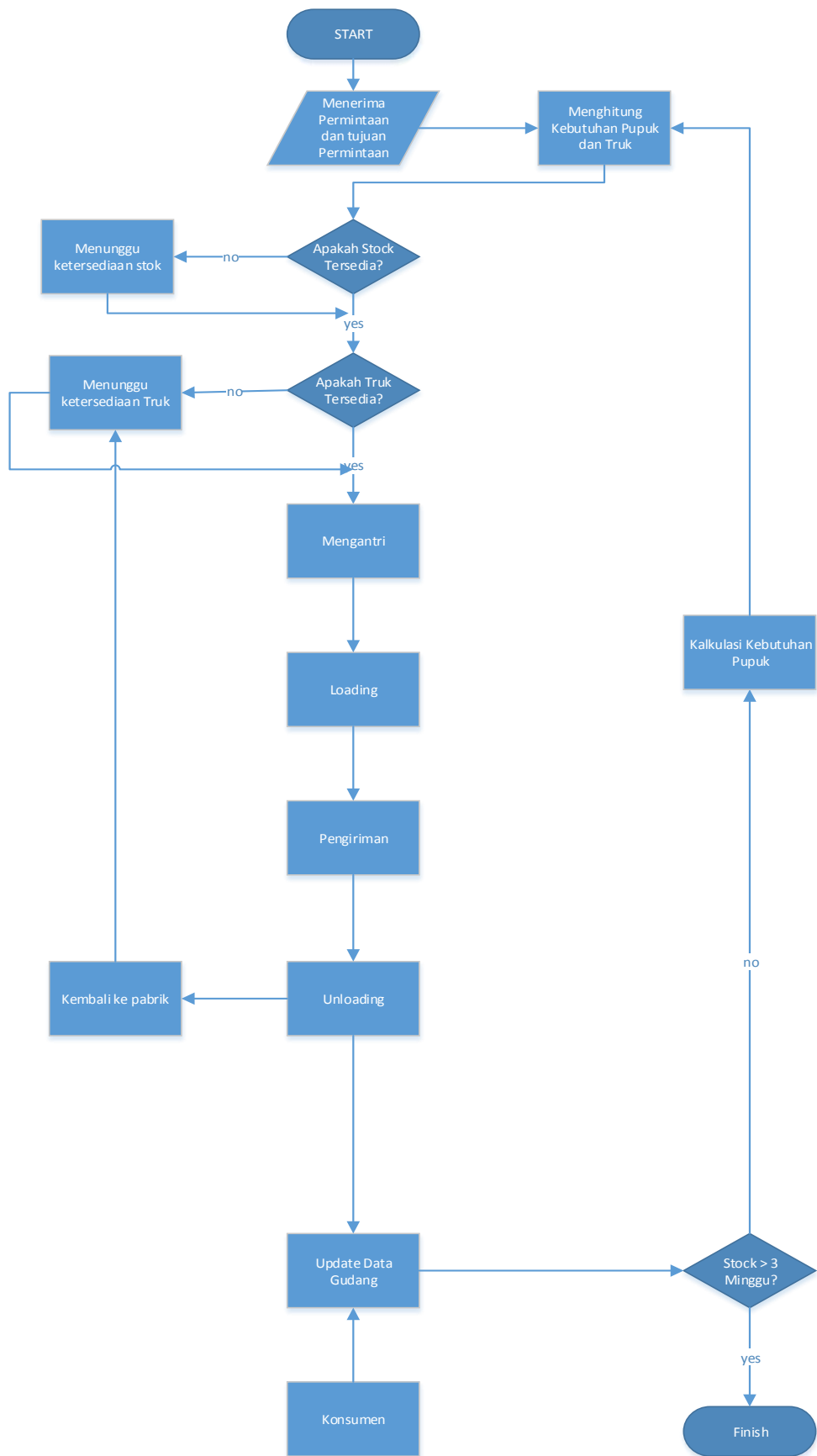
Pada subbab ini dijelaskan mengenai model konseptual untuk sistem aktual dan model konseptual dengan metode Vendor Managed Inventory. Berikut merupakan model konseptual awal yang akan digunakan pada penelitian ini.

4.3.1 Model Konseptual Inisial

Model konseptual pada penelitian ini digambarkan pada *flow diagram*. Berikut merupakan model konseptual eksisting dalam proses distribusi pupuk urea bersubsidi.

1. Demand rate

Setiap gudang penyangga memiliki permintaan berdasarkan data yang sudah ada. Permintaan tersebut didapatkan pada permintaan petani tiap kabupaten berdasarkan keputusan Menteri Pertanian. Kementerian Pertanian memberikan kuota pupuk subsidi untuk tiap kabupaten. Kabupaten tersebut mengirimkan permintaan tiap bulannya. Permintaan tersebut tidak boleh melebihi kuota setahun yang diberikan oleh Kementerian Pertanian. Selain itu pola permintaan dibagi menjadi tiga bagian yaitu pola permintaan tanam raya pada bulan Nopember hingga bulan Maret, pola permintaan tanam gardu pada bulan Mei hingga bulan Juli, dan pola permintaan tanam kemarau pada bulan Agustus hingga Oktober.



Gambar 4.4 Model konseptual proses pengiriman

2. Menghitung Kebutuhan Pupuk dan Kebutuhan Truk

Permintaan yang dilakukan oleh tiap kabupaten diolah sehingga menghasilkan rencana pengiriman pupuk, dan jumlah truk yang digunakan untuk pengirim. Jumlah pupuk subsidi yang dikirim berdasarkan permintaan tiap kabupaten tiap bulan yang dikirim secara berkala. Dalam melakukan pengiriman pupuk subsidi, truk yang digunakan ialah truk dengan kapasitas 30 ton. Banyaknya jumlah pengiriman yang dilakukan untuk memenuhi permintaan di setiap gudang penyangga. Menghitung *trip rate* dilakukan dengan menggunakan kalkulasi berikut :

$$Trip\ rate = \frac{demand}{load}$$

3. Ketersediaan Truk

Pada model ini ketersediaan truk diasumsikan selalu tersedia. Dalam sistem aktual, truk yang digunakan berasal dari pihak ketiga dan selalu tersedia ketika dibutuhkan. Dengan demikian, truk diasumsikan selalu tersedia.

4. Proses Loading

Pada proses ini merupakan proses pengisian pupuk subsidi kedalam truk. Pada proses ini waktu proses diasumsikan konstan sesuai dengan Loading Time yang digunakan.

5. Waktu pengiriman

Waktu pengiriman merupakan waktu yang dibutuhkan untuk moda transportasi untuk mengirim produk dari pabrik menuju kabupaten tujuan. Lamanya waktu kirim berdasarkan jarak yang ditempuh. Semakin jauh jarak tempuh maka waktu pengiriman semakin lama

6. Unloading Pupuk dari Truk

Proses ini merupakan proses bongkar muat pupuk subsidi dari truk. Waktu pada proses ini diasumsikan konstan sesuai dengan waktu bongkar muat yang sudah ada.

7. Kembali ke Pabrik

Proses ini merupakan proses kembali truk ke pabrik untuk melakukan proses pengiriman berikutnya.

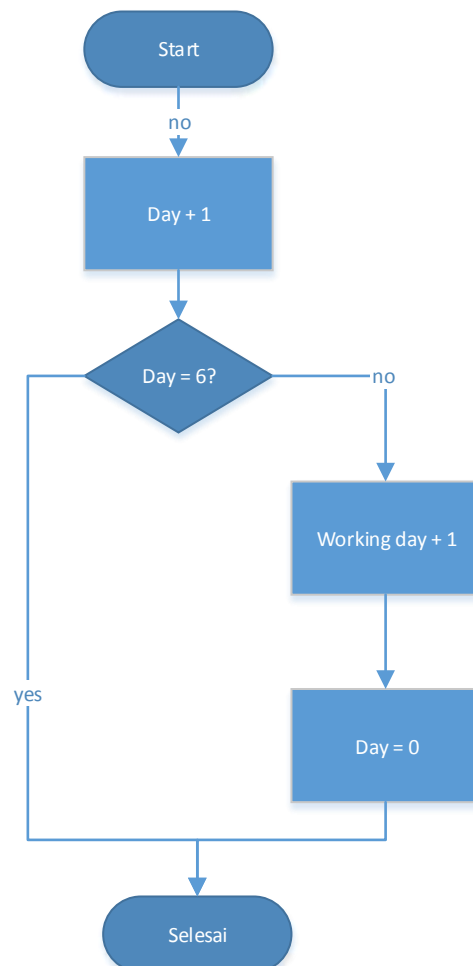
8. Inventory update

Setelah dilakukan proses unloading maka dilakukan update data gudang dengan penambahan jumlah pupuk sesuai dengan jumlah yang dikirim oleh truk.

Terdapat sub model simulasi yang digunakan untuk memperbaharui waktu yang diperlukan oleh variabel. Berikut merupakan sub model yang digunakan untuk memperbaharui waktu yang digunakan.

1. *Daily Updater*

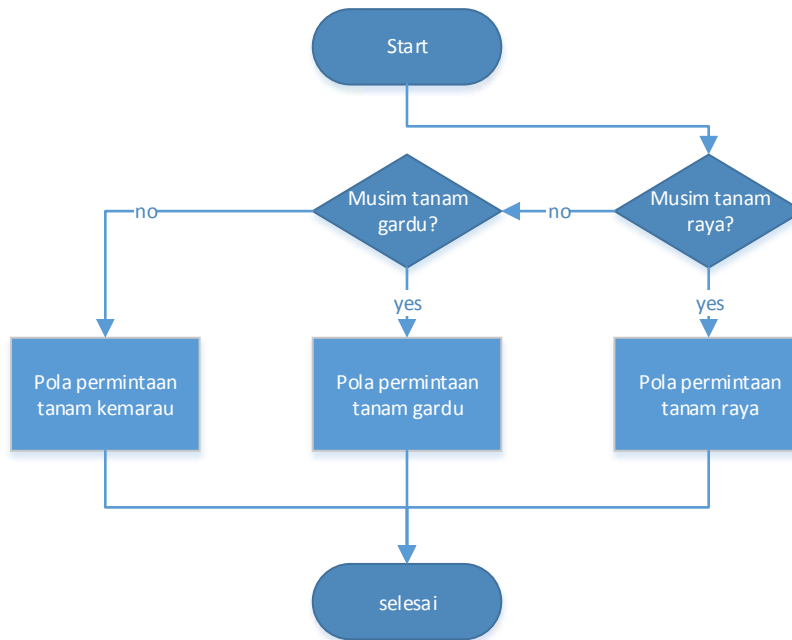
Daily Updater digunakan untuk menandakan waktu dalam proses simulasi. Waktu yang digunakan dalam satuan hari. Satuan hari perlu dibedakan untuk menandai masuknya musim tanam yang berbeda-beda. Terdapat tiga musim tanam padi di Indonesia yaitu musim tanam raya, musim tanam kemarau, dan musim tanam gardu. Musim tanam tersebut perlu dibedakan karena memiliki pola permintaan yang berbeda tiap musim. Berikut merupakan model konseptual dalam melakukan penambahan hari.



Gambar 4.5 Model konseptual *daily updater*

2. *Demand Updater*

Pola permintaan pupuk subsidi berdasarkan pada pola musim tanam. Terdapat tiga pola musim tanam, yaitu musim tanam raya yang terjadi di bulan Nopember hingga bulan Maret, musim tanam gardu yang terjadi pada bulan Mei hingga bulan Juli, dan musim tanam kemarau yang terjadi pada bulan Agustus hingga Oktober. Berikut merupakan model konseptual yang digunakan untuk membedakan musim tanam.



Gambar 4.6 Model Konseptual *Demand Updater*

4.3.2 Model Konseptual Skenario

Model skenario yang dikembangkan menerapkan *vendor managed inventory* sehingga merubah alur pemesanan yang semula dilakukan berdasarkan permintaan dari konsumen menjadi pola permintaan berdasarkan *stock level* yang dilaporkan oleh konsumen. Berikut merupakan penjelasan *flowchart* dari model konseptual skenario yang dikembangkan.

1. Update Stok Gudang
Update stok di setiap gudang penyangga dilakukan terlebih dahulu untuk memastikan stok aktual di setiap gudang penyangga.
2. Kalkulasi Stok terhadap *Reorder Point*
Kalkulasi stok digunakan untuk memastikan kecukupan stok di setiap gudang penyangga. Bila stok yang ada kurang dari *reorder point* maka pengiriman harus dilakukan pada gudang penyangga tersebut. Perhitungan *reorder point* dilakukan berdasarkan rumus berikut.

$$ROP = \text{leadtime demand} + \text{safety stock}$$

$$ROP = (l \times D) + (Z \times \sigma \times \sqrt{l})$$

ROP : Reorder Point

l : Lead Time

D : Rata-rata Demand

Z : Nilai distribusi normal

σ : Standar deviasi demand

3. Kalkulasi Kuota Pupuk Subsidi

Setiap kabupaten memiliki kuota pupuk subsidi masing-masing yang telah ditentukan oleh Kementerian Pertanian. Bila permintaan pupuk subsidi sudah melebihi kuota yang ditentukan oleh pemerintah, maka permintaan tersebut ditolak dan tidak dilakukan pengiriman.

4. Kalkulasi *Order Quantity*

Kalkulasi kuantitas pengiriman dilakukan untuk menentukan banyaknya jumlah pupuk yang harus dikirim bila stok aktual kurang dari *reorder point*. Kuantitas pengiriman dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$Q = d + Z(SL^*) \times \sigma$$

Q = *Order Quantity*

D = *Rata-rata demand*

Z = *Nilai distribusi normal*

SL^* = *Service level optimal*

σ = *Standard deviasi demand*

5. Menyiapkan Truk

Setelah kuantitas pengiriman pupuk didapatkan, dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan truk untuk proses pengiriman. Jumlah truk yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan formulasi berikut.

$$\text{Jumlah Truk} = \text{Demand} / \text{Kapasitas truk}$$

6. Proses Loading

Pada proses ini merupakan proses pengisian pupuk subsidi kedalam truk. Pada proses ini waktu proses diasumsikan konstan sesuai dengan Loading Time yang digunakan.

7. Waktu pengiriman

Waktu pengiriman merupakan waktu yang dibutuhkan untuk moda transportasi untuk mengirim produk dari pabrik menuju kabupaten tujuan. Lamanya waktu kirim berdasarkan jarak yang ditempuh. Semakin jauh jarak tempuh maka waktu pengiriman semakin lama

8. Unloading Pupuk dari Truk

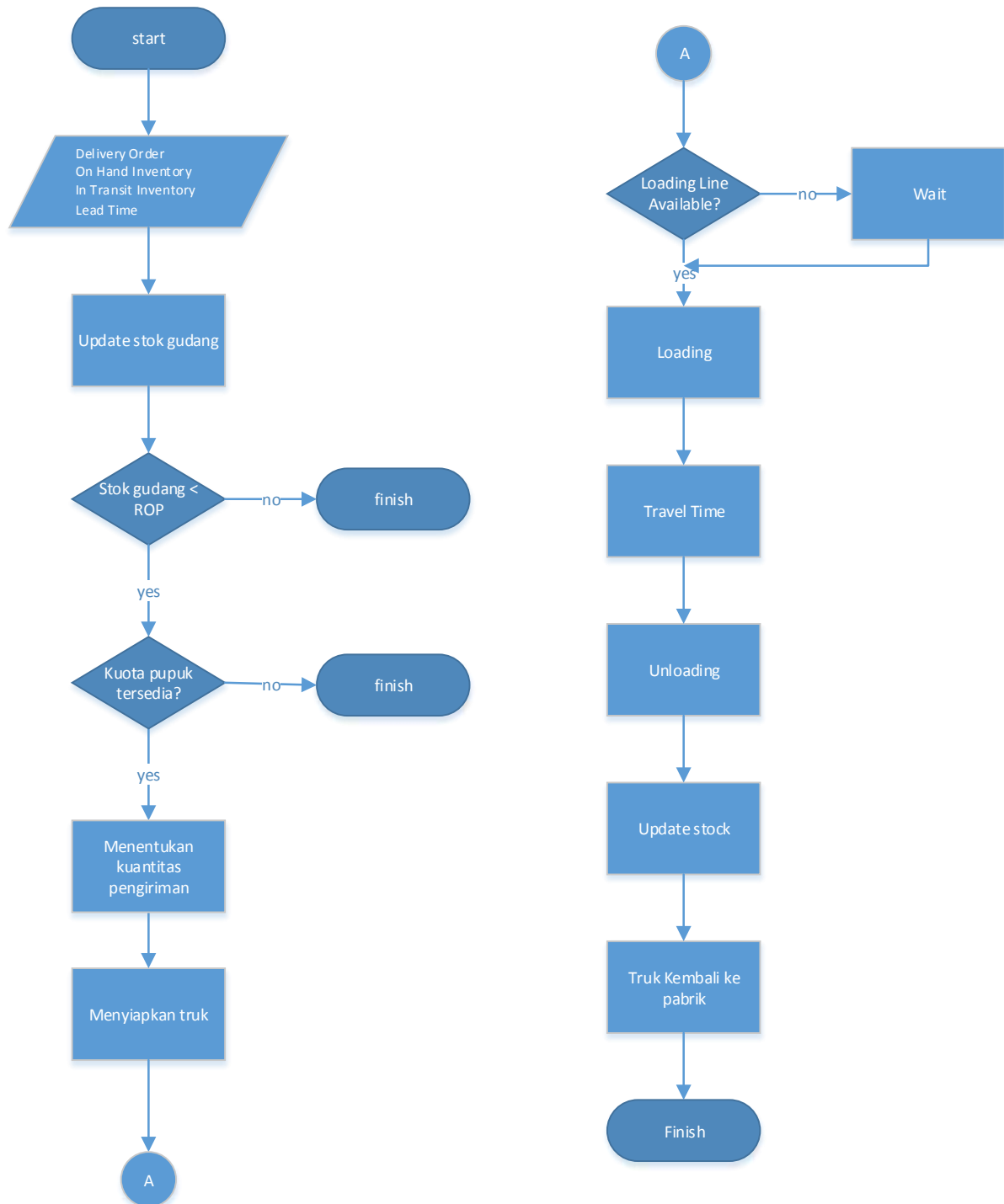
Proses ini merupakan proses bongkar muat pupuk subsidi dari truk. Waktu pada proses ini diasumsikan konstan sesuai dengan waktu bongkar muat yang sudah ada.

9. Kembali ke Pabrik

Proses ini merupakan proses kembali truk ke pabrik untuk melakukan proses pengiriman berikutnya.

10. Inventory update

Setelah dilakukan proses unloading maka dilakukan update data gudang dengan penambahan jumlah pupuk sesuai dengan jumlah yang dikirim oleh truk.



Gambar 4.7 Model Konseptual Skenario *Vendor Managed Inventory*

4.4 Perancangan Model Simulasi Eksisting

Model simulasi dibuat dengan menggunakan *software* ARENA. Pada penelitian ini dilakukan simulasi selama satu tahun atau 365 hari kerja. Dengan jam kerja 24 jam setiap harinya. Variabel respon yang menjadi input pada model ini ialah permintaan petani, permintaan gudang, dan variabel respon service level.

4.4.1 Sistem Model Distribusi Pupuk Subsidi

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai masing-masing proses yang terdapat pada proses ARENA. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing proses.

1. Waktu yang Diperbaharui

Submodel pembaharuan waktu bertujuan untuk mengatur hari pada model simulasi. Hal ini karena terdapat hari-hari tertentu yang memiliki jumlah pengiriman berbeda berdasarkan musim tanam yang terjadi. Hari pertama hingga hari ke-152 merupakan waktu dengan permintaan musim tanam raya, hari ke-153 hingga hari ke-274 merupakan waktu dengan permintaan musim tanam kemarau, dan hari ke-275 hingga hari ke-365 merupakan musim tanam gardu. Hal ini perlu dibedakan untuk mengikuti musim tanam yang berpola musiman.

2. Permintaan Pupuk Subsidi Urea yang Diperbaharui

Permintaan terhadap pupuk subsidi setiap harinya berbeda-beda. Dengan demikian, diperlukan suatu ekspresi yang menggambarkan permintaan pupuk subsidi setiap harinya. Pola permintaan musiman menyebabkan pola permintaan dibagi menjadi tiga berdasarkan musim tanamnya. Pola permintaan untuk pupuk terdistribusi normal. Hal itu merupakan pendekatan untuk mendekati kondisi aktual.

3. Stok Pupuk Subsidi Urea di Gudang Penyangga

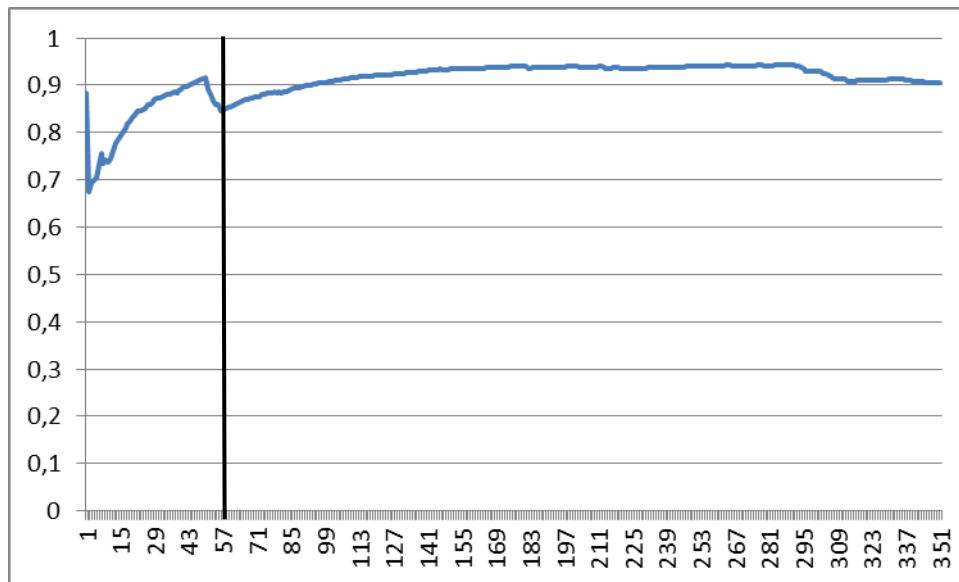
Pada bagian ini stok pupuk menggambarkan jumlah pupuk subsidi urea yang berada di gudang penyangga. Stok pupuk berkurang setiap harinya sesuai dengan permintaan yang ada. Penambahan stok terjadi setelah truk pengangkut pupuk tiba di gudang penyangga.

4. Penentuan *Service Level* dan *Reorder Point* (ROP)

Pada model yang dikembangkan dalam simulasi Arena, digunakan skenario dengan service level yang berbeda yaitu service level 3 minggu (sesuai aturan pemerintah) dan service level 1 minggu. Penentuan service level mempengaruhi tingkat safety stock dan ROP yang digunakan dalam model.

4.4.2 Perhitungan Warm-up Period

Kegiatan distribusi pupuk subsidi berlangsung secara terus menerus, namun pada saat menjalankan simulasi persediaan dimulai dari 0. Hal tersebut tidak menggambarkan kondisi aktual. Oleh karena itu, diperlukan adanya periode pemanasan (*warm-up period*) untuk menyesuaikan stok pupuk subsidi terhadap kondisi yang sebenarnya. Berikut ini merupakan grafik yang terjadi apabila simulasi dijalankan tanpa memerhatikan periode pemanasan.



Gambar 4.8 *Fill Rate* Simulasi Model Selama 360 Hari

Pada saat awal menjalankan simulasi, gudang penyangga tidak memiliki stok. Hal ini yang menyebabkan tingginya jumlah *stock out* dan rendahnya *fill rate*. Kondisi ini digambarkan pada grafik di atas. Nilai *fill rate* konstan setelah hari ke 57. Perlu menambahkan *safety factor* sekitar 20%-30% pada periode pemanasan (Law & Kelton, 2000). Oleh karena itu, periode pemanasan dilakukan selama 70 hari.

4.4.3 Jumlah Replikasi

Perhitungan jumlah replikasi dilakukan sebelum proses validasi. Proses ini bertujuan untuk membuktikan bahwa jumlah replikasi saat ini sudah mewakili kondisi aktual. Replikasi dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih dekat dengan kondisi aktual karena proses simulasi memiliki hasil yang bersifat acak. Simulasi dilakukan dengan 10 kali

pengulangan. Berikut ini adalah hasil dari rata-rata *fill rate* pada simulasi yang dilakukan.

Tabel 4.4 Rata-rata *Fill Rate* Inisial Sistem

No Replikasi	Average Fill Rate
1	97,06
2	90,34
3	90,79
4	94,65
5	94,82
6	97,74
7	89,98
8	91,93
9	97,87
10	90,99
Average	93,62
St.Dev	3,02

$n = 10$ (replikasi awal)

$n-1 = 9$

$\alpha = 0.05$

$t_{n-1, \alpha/2} = t_{9, 0,025} = 2,26$

Nilai *half width* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Half width} = \frac{(t_{n-1, \alpha/2}) \times \text{Std Dev}}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Half width} = \frac{2,26 \times 3,02}{3,16} = 2,16$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai *half width* sebesar 2,16 atau jika dihitung prosentase *error* terhadap rata-rata dari data adalah sebesar:

$$\text{Nilai error} = 2,16/\text{average} \times 100\%$$

$$\text{Nilai error} = 2,16/93,63 \times 100\%$$

$$\text{Nilai error} = 2,3\%$$

Jadi, nilai *error* terhadap rata-rata data sebesar 2,3%. Nilai *error* tersebut masih cukup besar. Nilai *error* tersebut diperkecil hingga 0,8%. Sehingga nilai *half width* yang baru menjadi:

$$93,63 \times 0,008 = 0,7489$$

Jadi, nilai *half width* baru yang diinginkan adalah sebesar 0,7489. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai n' yaitu nilai replikasi baru yang dibutuhkan dengan menggunakan nilai *half width* baru yang didapat dari perhitungan sebelumnya dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} n' &= \left[\frac{\left(\frac{Z_{\alpha}}{2}\right) \times Std\ Dev}{half\ width} \right]^2 \\ &= \left[\frac{1,96 \times 3,01}{0,7489} \right]^2 \\ &= 62,3 = 63 \end{aligned}$$

Jadi jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah sejumlah 63 kali replikasi.

4.5 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dan validasi model diperlukan untuk membuktikan bahwa model simulasi sudah mewakili kondisi aktual.

4.5.1 Validasi Model

Proses validasi dilakukan untuk memastikan bahwa hasil dari model saat ini sudah mewakili proses aktual yang sudah ada. Validasi dilakukan dengan menggunakan *t-test unequal variance*. Hal tersebut dikarenakan data variasi permintaan pupuk subsidi data aktual dan simulasi tidak sama. Kemudian random variabel didapatkan dari hasil simulasi yaitu Student-t distribution dengan $n-1$ sebagai *degrees of freedom*. Untuk nilai dua hipotesis:

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Tolak H_0 , pada *significant level* α ketika nilai statistik yang dihasilkan melebihi $t_{\alpha/2, n-1}$ atau lebih kecil dari $-t_{\alpha/2, n-1}$.

Dalam penelitian tugas akhir ini, model simulasi saat ini dilakukan simulasi hingga 63 replikasi dan dijalankan selama 1 tahun atau setara dengan 365 hari dengan periode pemanasan selama 70 hari. Total permintaan simulasi diuji dengan 95% *significant level*. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5 *T-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances*

	<i>Simulasi</i>	<i>Aktual</i>
Mean	5849,349	5565,1667
Variance	1625684	10071557
Observations	12	12
Hypothesized Mean Difference	0	
df	14	
t Stat	0,287837	
P(T<=t) one-tail	0,388844	
t Critical one-tail	1,76131	
P(T<=t) two-tail	0,777689	
t Critical two-tail	2,144787	

Nilai dari *t-crit* berada di antara -2,14 hingga 2,14 dan nilai dari *t stat* itu sendiri adalah 0,28. Hal tersebut menunjuk kan bahwa nilai *t stat* berada di dalam rentang *critical value*. Dikarenakan tidak ada bukti yang kuat untuk menolak H_0 dengan tingkat *error* sebesar 5%, namun tidak benar-benar dapat menyimpulkan jika total permintaan pupuk subsidi tidak bias.

4.5.2 Verifikasi Model

Verifikasi model dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan melihat apakah terdapat *error* pada saat menjalankan simulasi dengan menggunakan *trace and debug facility* yang terdapat pada *software* Arena. Cara kedua yaitu dengan melakukan verifikasi model adalah dengan cara melakukan perhitungan dari masing-masing variabel respon.

1. Verifikasi dengan Menggunakan *Trace and Debug Facility*

Verifikasi dilakukan dengan menjalankan simulasi pada *software* Arena. Verifikasi ini bertujuan untuk memastikan apakah model saat ini memiliki kesalahan atau tidak. Hasil dari penggunaan *trace and debug facility* adalah “*no errors or warnings in model.*” Kalimat tersebut menunjukkan bahwa model saat ini tidak memiliki kesalahan dan sudah siap untuk digunakan.

2. Verifikasi dengan Perhitungan Variabel respon

Perhitungan variabel respon dapat dihitung langsung oleh *software* Arena. Semua perhitungan harus diperiksa agar bisa dilakukan verifikasi. Contoh perhitungan yang dihasilkan pada *report* Arena dengan model yang digunakan adalah model pengembangan pada model eksisting atau skenario 0. Variabel respon *fill rate* yang dihasilkan adalah sebesar 0,93 dengan akumulasi total permintaan pupuk urea bersubsidi secara keseluruhan adalah sebesar 75.624 dan total permintaan yang mampu dipenuhi adalah sebesar 70.343 pupuk subsidi. Perhitungan *fill rate* secara manual adalah dengan melakukan pembagian antara total permintaan pupuk urea bersubsidi yang mampu dipenuhi dengan total permintaan pupuk urea subsidi secara keseluruhan. Hasil perhitungan manual dengan hasil yang didapatkan pada *software* Arena menghasilkan nilai yang sama yaitu 0,93 atau 93%. Perhitungan manual dengan hasil simulasi tidak memiliki perbedaan. Oleh karena itu, perhitungan untuk *fill rate* pada *software* sudah menggambarkan kondisi yang sebenarnya.

4.6 Skenario

Kompleksitas dan ketidakpastian sistem membuat interkoneksi antar variabel menjadi bias. Pengembangan skenario dilakukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi di dalam sistem. Tujuan skenario dalam hal ini adalah untuk mengetahui jumlah performansi dari variabel respon sistem dalam simulasi distribusi pupuk subsidi yang berhubungan langsung dengan permintaan petani (*fill rate*) dan dengan batas *safety stock* yang digunakan. Skenario yang dilakukan adalah dengan memperbaharui model aktual dan mengubah *safety stock* yang berhubungan dengan *fill rate*, kebutuhan truk, dan *level stock* untuk tiap skenarionya.

1. Pengembangan model aktual dengan mengubah metode pengiriman menjadi *Vendor Managed Inventory* (VMI). Perubahan ini berdampak pada pola pengiriman. Pada model aktual hal yang menyebabkan terjadinya pengiriman ialah permintaan dari gudang penyangga.

Sedangkan pada model VMI yang menyebabkan terjadinya pengiriman ialah iniasiasi dari PT X berdasarkan level stok yang ada pada tiap gudang penyangga yang berkurang seiring permintaan petani.

2. Mengubah *safety stock* terhadap *inventory* untuk masing-masing skenario dengan mempertimbangkan peraturan pemerintah (Skenario 2) dan tanpa memperhatikan peraturan pemerintah (Skenario 3 dan Skenario 4). *Safety stock inventory* mempengaruhi *reorder point* jika persediaan pupuk urea bersubsidi dalam *inventory* mulai mendekati stock kritis, maka segera dilakukan pengiriman. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan *fill rate* atau tingkat pemenuhan pupuk urea bersubsidi pada petani.

Berikut ini merupakan daftar skenario yang diusulkan. Skenario yang diberikan merupakan kombinasi antara jumlah model yang digunakan dengan jumlah *safety stock* yang digunakan.

Tabel 4.6 *Skenario Model Simulasi*

Skenario	Model yang digunakan	Safety stock Inventory
Skenario 1	Aktual	-
Skenario 2	Pengembangan (VMI)	3 minggu rata-rata kebutuhan
Skenario 3	Pengembangan (VMI)	1 minggu rata-rata kebutuhan
Skenario 4	Pengembangan (VMI)	3 hari rata-rata kebutuhan

Skenario 1 mewakili kondisi aktual. Skenario 2 hingga skenario 4 merupakan skenario perbaikan. Perbaikan dilakukan pada variabel keputusan yaitu *safety stock*. *Safety stock* yang diberikan mempengaruhi *reorder point* sehingga secara langsung juga mempengaruhi level stok setiap saatnya. *Safety stock* yang terlalu tinggi menyebabkan level stok tinggi sehingga menyebabkan biaya inventory yang juga tinggi. Kombinasi antara model yang digunakan dengan *safety stock* berpengaruh terhadap variabel respon yang berada di dalam sistem terutama persentase *fill rate*, *level stok*, dan kebutuhan truk yang digunakan. Hal tersebut yang menjadi dasar dalam membuat skenario.

4.7 Hasil Simulasi

Inisial sistem dan skenario disimulasikan selama 1 tahun atau setara dengan 365 hari dengan 70 hari periode pemanasan. Simulasi dilakukan untuk 64 replikasi. Evaluasi pada model dibagi ke dalam 3 variabel respon yaitu jumlah *fill rate* yang berhubungan dengan *stock out*, level stok rata-rata pada gudang, dan kebutuhan jumlah truk.

4.7.1 Fill Rate

Stock out menjadi salah satu variabel respon yang digunakan untuk menilai *fill rate*. *Fill rate* merupakan perbandingan antara jumlah *demand* yang mampu dipenuhi dengan total *demand* yang ada. *Fill rate* menggambarkan persentase jumlah pupuk yang bisa diberikan petani tepat waktu dengan total permintaan pupuk. Semakin besar *fill rate*, maka tingkat pelayanan semakin baik dalam pemenuhan kebutuhan permintaan pupuk urea subsidi oleh petani. Berikut ini merupakan rangkuman dari semua skenario.

Tabel 4.7 *Fill Rate* dan Safety Stock Terpenuhi

Skenario	Bojonegoro		Tuban		Lamongan		Gresik	
	Safety Stok	Fill Rate	Safety Stok	Fill Rate	Safety Stok	Fill Rate	Safety Stok	Fill Rate
1	-	90,11%	-	91,55%	-	88,90%	-	98,50%
2	3843	99,88%	2940	99,98%	3864	99,95%	1491	99,99%
3	1281	99,93%	980	99,98%	1288	99,95%	497	99,99%
4	549	96,15%	420	91%	552	87,78%	213	95%

Tabel di atas menunjukkan perbandingan masing-masing skenario terhadap hasil *safety stock* dan *fill rate* yang terpenuhi. Simulasi dilakukan dengan mengubah *safety stock* yang mempengaruhi hasil *fill rate*.

4.7.2 Kebutuhan Truk

Kebutuhan truk menjadi salah satu variabel respon yang digunakan untuk menilai kondisi sistem. Kebutuhan truk merupakan banyaknya truk yang digunakan untuk mengangkut pupuk menuju gudang penyangga. Semakin sedikit truk yang diperlukan mempermudah mengatur pengadaan truk dan meningkatkan utilitas penggunaan truk. Semakin banyak truk yang diperlukan mempersulit pengadaan truk dan menurunkan utilitas penggunaan truk.

Tabel 4.8 Kebutuhan Truk Pengiriman Pupuk ke Kota Bojonegoro dan Tuban perbulan

Skenario	Bojonegoro		Tuban	
	Min	Max	Min	Max
1	31	357	40	265
2	50	369	88	208
3	75	352	28	215
4	12	345	74	227

Tabel 4.9 Kebutuhan Truk Pengiriman Pupuk ke Kota Lamongan dan Gresik perbulan

Skenario	Lamongan		Gresik	
	Min	Max	Min	Max
1	61	417	17	275
2	140	352	23	156
3	28	315	23	156
4	40	341	40	146

4.7.3 Inventory Level Stock

Inventory level stock menjadi salah satu variabel respon yang digunakan untuk menilai performansi sistem. *Inventory level stock* merupakan keadaan stok gudang aktual pada gudang penyangga. Semakin tinggi *level inventory* yang digunakan maka kebutuhan volume gudang semakin tinggi. Sedangkan *inventory level stock* yang rendah memperkecil kebutuhan volume gudang yang diperlukan. Berikut merupakan rangkuman hasil running Arena.

Tabel 4.10 Kebutuhan Truk Pengiriman Pupuk ke Kota Lamongan dan Gresik

Skenario	Bojonegoro			Tuban		
	Safety Stok	Level Stok		Safety stock	Level Stok	
		Average	MAX		Average	MAX
1	-	4474	15579	-	2326	8743
2	3843	3857	4190	2940	3061	3405
3	1281	1524	1912	980	1209	1140
4	549	662	942	420	464	555

Tabel 4.11 Kebutuhan Truk Pengiriman Pupuk ke Kota Lamongan dan Gresik

Skenario	Lamongan			Gresik		
	Safety Stok	Level Stok		Safety Stok	Level Stok	
		Average	MAX		Average	MAX
1	-	3711	16528	-	4345	11133
2	3864	4049	4124	1491	1584	1661
3	1288	1547	1581	497	592	674
4	552	519	661	213	238	329

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini terdiri dari analisis dan interpretasi hasil dari semua skenario yang dihasilkan pada bab 4. Beberapa analisis dilakukan untuk memilih skenario terbaik sebagai rekomendasi.

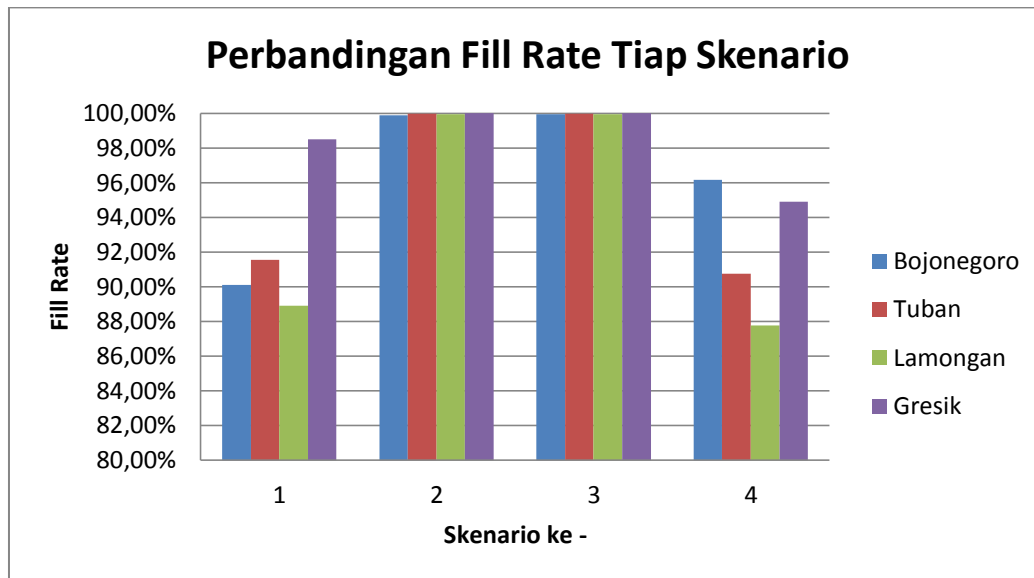
5.1 Perbandingan Tingkat *Fill Rate*

Fill rate merupakan salah satu variabel respon yang dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan pupuk urea subsidi yang bisa dipenuhi oleh petani . Semakin tinggi pupuk urea subsidi yang tidak tersedia (*stock out*), maka semakin kecil nilai *fill rate* yang dihasilkan. *Fill rate* yang rendah menunjukkan buruknya performansi distribusi pada PT X. Sebaliknya, tingginya *fill rate* menunjukkan performansi distribusi pupuk urea subsidi pada PT X dalam keadaan baik.

Fill rate diformulasikan sebagai pembagian antara total *demand* yang mampu dipenuhi dengan total *demand* secara keseluruhan. Hasil dari beberapa skenario yang dilakukan terhadap *fill rate* dapat dilihat pada tabel 4.7 Kondisi aktual sistem sudah memiliki tingkat *fill rate* yang cukup tinggi secara berturut-turut yaitu 90,11% untuk Bojonegoro, 91,55% Tuban, 88,90% Lamongan, dan 98,50% Gresik. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi aktual PT X memiliki sistem distribusi yang cukup baik. tetapi, peraturan pemerintah dalam sistem distribusi pupuk subsidi menuntut pemenuhan yang cukup tinggi sehingga penentuan jumlah safety stock cukup tinggi. *Safety stock* yang terlalu tinggi menyebabkan tingginya kebutuhan truk dan kebutuhan volume gudang. Oleh sebab itu, diperlukan adanya optimalisasi terhadap *safety stock* untuk menghasilkan pelayanan yang lebih baik.

Skenario dikembangkan untuk meningkatkan jumlah permintaan pupuk subsidi yang mampu dipenuhi. Skenario menghasilkan jumlah *fill rate* yang beragam. Skenario 1 menghasilkan nilai *fill rate* rata-rata sebesar 92,27%, Skenario 2 menghasilkan rata-rata nilai *fill rate* sebesar 99,95%, Skenario 3 menghasilkan rata-rata nilai *fill rate* sebesar 99,95%, Skenario 4 menghasilkan nilai rata-rata *fill rate* sebesar 92,39%. Berikut ini merupakan perbandingan

kondisi aktual dengan skenario yang dilakukan terhadap nilai *fill rate* yang dihasilkan.



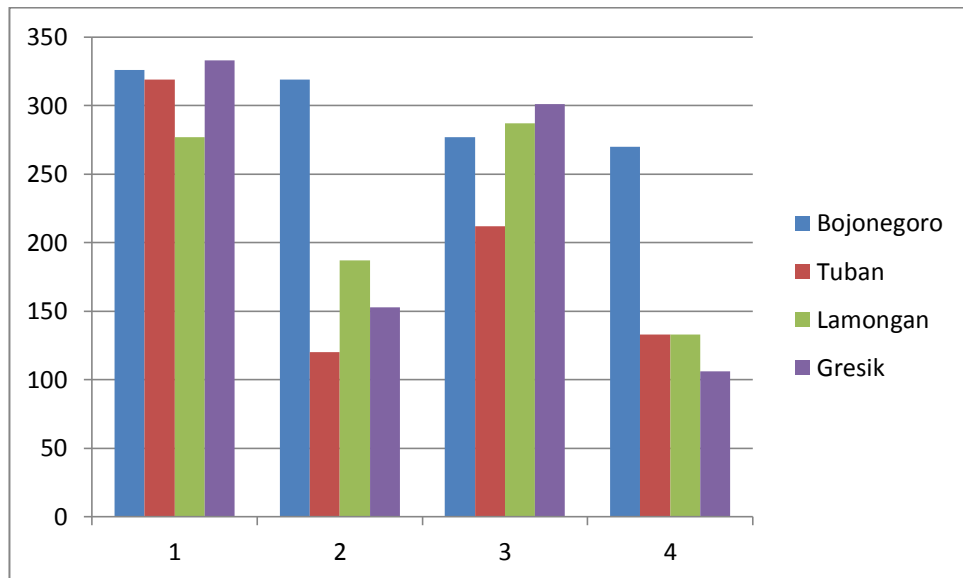
Gambar 5.2 Perbandingan Nilai *Fill Rate* yang Dihasilkan

Menggunakan model pengembangan pada tingkat *safety stock* yang berbeda menghasilkan nilai *fill rate* yang lebih baik dari kondisi aktual. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan variabel keputusan yaitu *safety stock* mempengaruhi nilai *fill rate* yang dihasilkan. *Safety stock* yang tinggi mampu menghasilkan nilai *fill rate* yang tinggi pula. Hal ini dikarenakan *safety stock* menggambarkan stok persediaan yang digunakan ketika demand mengalami peningkatan secara tiba-tiba. Sehingga semakin tinggi *safety stock* maka fluktuasi demand yang tinggi bisa tertampung. Dalam gambar 5.1 dapat dilihat bahwa pada skenario ke 1 (aktual) tidak menggunakan metode VMI sehingga pemenuhan kebutuhan petani berdasarkan permintaan dari gudang penyangga. Pada skenario 2 dan skenario 3 menunjukan *fill rate* yang hampir sama pada tiap kabupaten. Hal ini menunjukan bahwa *safety stock* untuk tiga minggu kebutuhan pupuk dan *safety stock* satu minggu kebutuhan pupuk tidak memberikan perbedaan *fill rate* yang signifikan. Pada skenario 4 terjadi penurunan *fill rate*, hal ini menunjukan bahwa *safety stock* 3 hari tidak mampu menampung *demand* yang fluktuatif dengan baik sehingga terjadi penurunan *fill rate*.

5.2 Perbandingan Kebutuhan Truk

Truk merupakan moda transportasi yang digunakan dalam mengirim pupuk subsidi ke wilayah yang menjadi objek amatan. Truk yang digunakan untuk mengangkut pupuk urea subsidi ialah truk dengan kapasitas 30 ton. Kuantitas truk diasumsikan tidak terhingga karena ketersediaannya cukup banyak dan selalu tersedia. Namun, kebutuhan truk dengan jumlah cukup besar menyulitkan dalam proses pengadaan truk. Permintaan pupuk subsidi urea yang fluktuatif menyebabkan kebutuhan truk dapat meningkat sewaktu-waktu, disisi lain permintaan yang menurun menyebabkan utilitas truk berkurang. Oleh sebab itu, kebutuhan truk menjadi variabel respon untuk menilai performansi dari tiap skenario.

Pada skenario yang dilakukan, perubahan tingkat *safety stock* yang diberikan berpengaruh terhadap jumlah kebutuhan truk yang diperlukan. Tingkat *safety stock* berpengaruh terhadap *holding cost* sehingga menyebabkan tingkat pengiriman rendah. Begitu pula sebaliknya, *safety stock* yang rendah menyebabkan *holding cost* rendah sehingga tingkat pengiriman meningkat. Berikut merupakan hasil running Arena yang menunjukkan tingkat pengiriman pada tiap skenario.



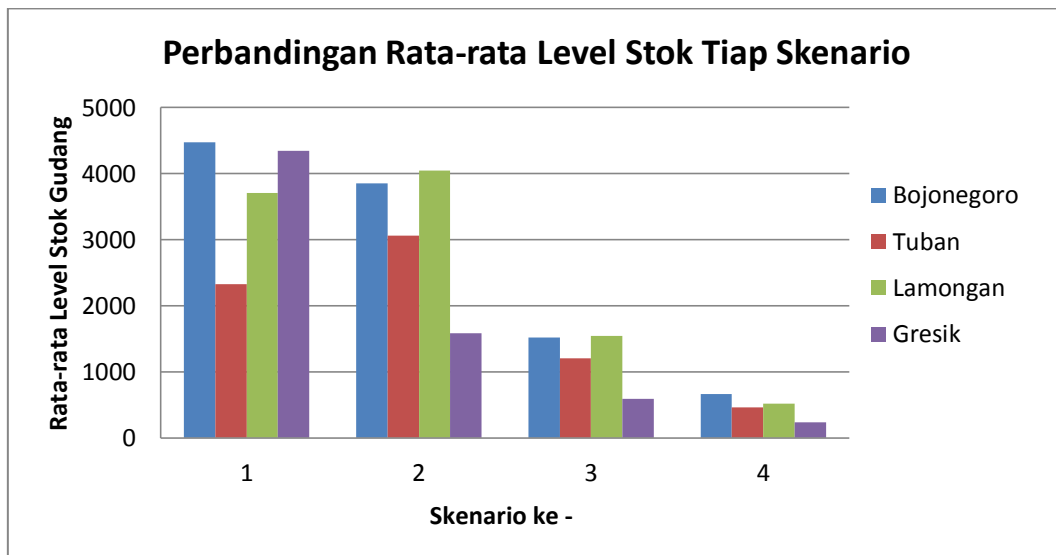
Gambar 5.2 Perbandingan Kebutuhan Truk Maksimal perbulan Tiap Skenario

Menggunakan model pengembangan pada masing-masing tingkat *safety stock* menghasilkan total kebutuhan truk yang beragam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *safety stock* berpengaruh terhadap kebutuhan jumlah truk.

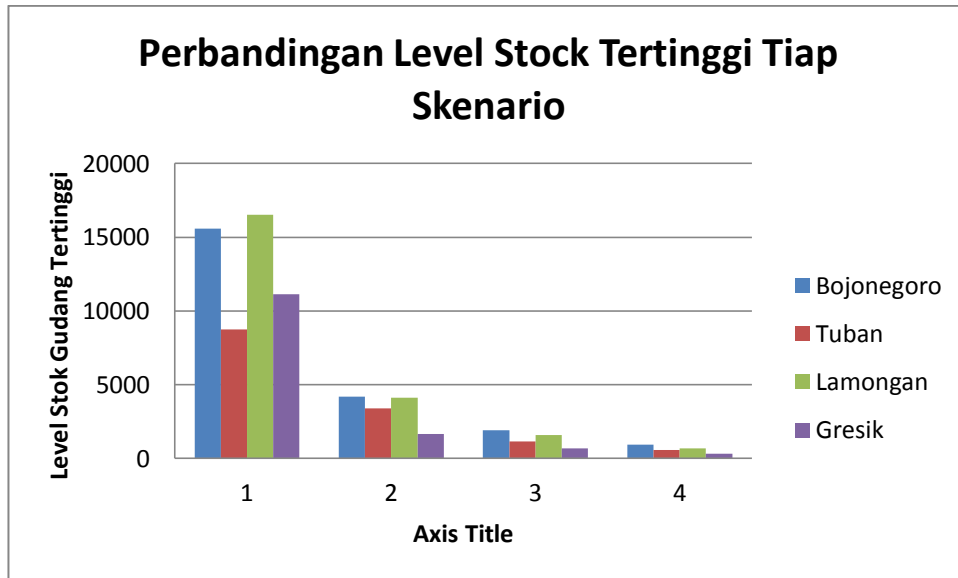
Pada kondisi eksisting, pengiriman dilakukan berdasarkan permintaan gudang sehingga fluktuasi permintaan cukup tinggi. Berdasarkan tabel 4.8 dan tabel 4.9 dapat dilihat bahwa skenario 1 memiliki jangkauan kebutuhan truk cukup besar dibandingkan lainnya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa metode VMI memberikan jangkauan kebutuhan truk yang lebih kecil.

5.3 Perbandingan *Inventory Level*

Inventory level ialah posisi stok gudang secara aktual. Posisi stok pada gudang mempengaruhi kebijakan perusahaan dalam membuat gudang terkait dengan volume gudang. Jika rata-rata *inventory level* cukup rendah maka kebutuhan gudang tidak terlalu besar sehingga tidak perlu membuat gudang yang besar untuk memenuhi kebutuhan petani. *Inventory level* sangat dipengaruhi oleh *safety stock*. Semakin besar *safety stock* maka *inventory level* juga semakin tinggi. Berikut merupakan hasil *running software* Arena pada tiap skenario.



Gambar 5.3 Perbandingan Rata-rata Level Stok Tiap Skenario



Gambar 5.4 Perbandingan Level Stock Tertinggi pada Tiap Skenario

Berdasarkan gambar 5.4 dan gambar 5.5 dapat dilihat bahwa skenario dengan *safety stock* yang tinggi menyebabkan *inventory level* yang tinggi. Hal ini disebabkan *safety stock* yang tinggi menyebabkan *reorder point* berada pada titik yang tinggi. *Level stock* berada disekitar *reorder point* karena ketika stok sudah menyentuh titik *reorder point* maka PT X mengirimkan stok sesuai dengan jumlah sesuai dengan perhitungan EOQ.

5.4 Hubungan antara Safety Stock dengan Fill Rate, Kebutuhan Truk dan Inventory Level

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai hubungan antara tiga variabel respon yaitu *fill rate*, kebutuhan truk, dan *inventory level*. Berdasarkan penjelasan pada sub bab sebelumnya, dapat dilihat bahwa *safety stock* memiliki pengaruh terhadap ketiga variabel respon tersebut. Oleh sebab itu dilihat keterkaitan *safety stock* dengan *fill rate*, *safety stock* dengan kebutuhan truk, dan *safety stock* dengan *inventory level* melalui uji korelasi.

Keterkaitan *safety stock* dengan *fill rate* dapat dilihat pada gambar 5.1 dalam skenario 2 hingga 4. Dapat dilihat bahwa semakin rendah *safety stock* maka *fill rate* juga semakin rendah. Berdasarkan uji korelasi menggunakan perhitungan manual, didapatkan bahwa kedua variabel tersebut memiliki keterkaitan yang kurang kuat yaitu sebesar 0,6725. Hasil dari perhitungan tersebut bisa saja bias disebabkan penurunan *fill rate* terjadi secara drastis pada poin tertentu. Dapat

dilihat pada gambar 5.1 skenario 2 dan skenario 3 bahwa tidak terjadi penurunan *fill rate* signifikan pada penurunan *safety stock* 3 minggu menjadi 1 minggu. Sementara pada skenario 3 dan skenario 4 terjadi penurunan *fill rate* yang cukup signifikan dengan rata-rata penurunan dari 99,95% menjadi 92,39%.

Keterkaitan *safety stock* dengan kebutuhan truk dapat dilihat pada gambar 5.2 dalam skenario 2 hingga 4. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi *safety stock* maka kebutuhan truk semakin rendah. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kedua variabel tersebut berbanding terbalik. Berdasarkan uji korelasi manual kedua variabel tersebut menghasilkan nilai -0,9036 yang berarti kedua variabel tersebut memiliki keterkaitan yang kuat. Nilai minus yang ditunjukkan pada uji korelasi tersebut menunjukkan bahwa kedua variabel tersebut berbanding terbalik.

Keterkaitan *safety stock* dengan *inventory level* dapat dilihat pada gambar 5.3 dan gambar 5.4 dalam skenario 2 hingga 4. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi *safety stock* maka *inventory level* semakin tinggi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kedua variabel tersebut berbanding lurus. Berdasarkan uji korelasi manual kedua variabel tersebut menghasilkan nilai 0,998 yang berarti kedua variabel tersebut memiliki keterkaitan yang sangat kuat. Berdasarkan penjelasan pada sub bab sebelumnya, *safety stock* yang tinggi menyebabkan tingginya nilai *reorder point*. *Inventory level* berada disekitor *reorder point* karena ketika stok menyentuh *reorder point* maka stok segera diisi kembali sesuai dengan kuantitas yang ditentukan.

Berdasarkan hasil uji korelasi diatas dapat disimpulkan bahwa *safety stock* berbanding lurus dengan *fill rate* dan *inventory level*, namun berbanding terbalik dengan kebutuhan truk.

5.6 Skenario Usulan

Berikut ini merupakan perbandingan dari masing-masing skenario terhadap *response variabel* yang dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan. Dalam hal ini *response variabel* berupa *safety stock*. *Response* yang dihasilkan nilai *fill rate*, kebutuhan truk, dan *Inventory level*.

Tabel 5.1 Perbandingan Masing-masing Skenario

Skenario	Fill Rate	Inventory Level	
		Average	MAX
1	92,27%	3714	12995,75
2	99,96%	3137,75	3345
3	99,95%	1218	1326,75
4	92,39%	470,75	621,75

Dari beberapa skenario yang dilakukan terhadap pengembangan model dan *safety stock*, skenario yang direkomendasikan adalah skenario 3 dengan variabel keputusan berupa *safety stock* sebesar 7 hari dari demand harian. Variabel respons yang dihasilkan berupa nilai *fill rate* sebesar 99,95%, jangkauan kebutuhan truk dan *inventory level* sebesar 1218. Penetapan skenario 3 sebagai skenario terbaik ialah terkait dengan peraturan pemerintah yang menghendaki pemenuhan kebutuhan petani secara maksimal. Selain itu, PT X juga berusaha untuk menekan biaya distribusi. Dengan demikian prioritas pemilihan variabel respon berturut-turut ialah *fill rate*, *inventory level*, dan Kebutuhan truk.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan yang menjawab tujuan dari penelitian tugas akhir ini dan saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Kegiatan distribusi pupuk urea subsidi selama ini dilakukan dengan proses permintaan pupuk subsidi oleh gudang penyangga ke produsen. Setelah itu petani mengambil pupuk subsidi yang berada pada gudang penyangga. Proses distribusi ini berlangsung kurang efisien. Hal ini karena permintaan dari gudang penyangga tidak merepresentasikan permintaan petani. Hal ini menyebabkan informasi mengenai permintaan petani terdistorsi. Oleh sebab itu, model perbaikan distribusi pupuk subsidi dikembangkan dengan metode *vendor managed inventory* (VMI). Model distribusi VMI merupakan proses distribusi dimana produsen mengetahui keadaan stok vendor secara aktual. Dengan demikian, proses distribusi dapat dijalankan lebih efisien karena gudang penyangga tidak perlu mengirimkan permintaan kepada produsen, melainkan produsen melakukan inisiasi pengiriman yang disesuaikan dengan kondisi stok gudang penyangga secara aktual.
2. Kebijakan pemerintah mengenai stok minimal pupuk subsidi yang disebutkan dalam Peraturan Menteri Perdagangan Pasal 10 no 15 tahun 2013 menjelaskan bahwa ketersediaan pupuk subsidi di Lini III paling sedikit untuk kebutuhan 2 minggu atau 3 minggu pada puncak masa tanam sesuai dengan rencana kebutuhan yang telah ditetapkan. Peraturan tersebut dirasa kurang efisien, hal ini disebabkan stok kebutuhan di gudang penyangga selama 3 minggu memaksa gudang penyangga untuk memiliki *inventory level* yang cukup tinggi, terutama pada gudang penyangga yang lokasinya cukup dekat dengan produsen. *Inventory level* yang tinggi menyebabkan kebutuhan volume gudang dan *holding*

cost menjadi besar. Berdasarkan hasil simulasi pada skenario 3, pengurangan stok minimal menjadi 1 minggu memberikan nilai *fill rate* yang tidak jauh berbeda dengan peraturan pemerintah. Selain itu, pada skenario 3 memberikan nilai *inventory level* yang jauh lebih rendah bila dibandingkan skenario 2 yang memiliki minimum stok sesuai dengan peraturan pemerintah.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang diberikan terhadap penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya mempertimbangkan kebutuhan pupuk lainnya karena pada kondisi eksisting gudang dan truk tidak hanya mengangkut satu jenis pupuk.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya memperhatikan permintaan pupuk pada tiap gudang penyangga.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya mempertimbangkan *benefit-cost analysis* untuk menentukan apakah skenario yang diberikan layak atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- APPI. (2017, Januari 13). *Statistic APPI*. Dipetik Maret 20, 2017, dari Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia: <http://www.appi.or.id/?statistic>
- Daellenbach, H. G., & Donald C, M. (2005). *Management Science Decision Making Through System Thinking*. Crishtcruchh: Parlgrave.
- Kelton, W. (2002). *Simulation Modelling Practice and Theory*. MCGrawHill.
- Kementerian Pertanian. (2015). *Rencana Strategis Kementerian Pertanian*. Jakarta: Kemenetrian Pertanian.
- Mentzer, J. (2001). *Defining Supply Chain Management*. Journal of Business Logistics, 1-25.
- Oliver, R., & Weber, M. (1982). *Supply Chain Management: Logistics catches up with strategy* . London.
- Petrokimia Gresik. (2015). *Transparansi Menuju Perusahaan Global*. Gresik: Petrokimia Gresik.
- Pujawan, I. N. (2010). *Supply Chain Management*. Surabaya: Widya Guna.
- Waters, D. (2003). *Inventory Control and Management*. Chicester: Wiley.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Rekap Permintaan Pupuk Urea Subsidi Bulan Januari – Maret pada tahun 2016

	JAN				FEB				MAR			
	Permintaan				Permintaan				Permintaan			
BOJONE GORO	128	271	281	261	264	91	115	139	201	259	251	85
	353	164	327	327	146	186	179	146	294	205	155	101
	210	169	133	169	88	173	85	102	93	309	147	255
	123	317	240	251	102	183	149	264	131	244	186	174
	251	358	266	235	207	95	173	230	298	170	93	85
	409	138	404	113	71	196	98	217	162	135	116	278
	235	169	169	256	98	125	125	74	236	104	116	209
TUBAN	98	237	216	174	150	82	119	112	86	94	82	55
	167	269	199	160	131	86	131	70	108	66	53	49
	269	101	265	195	91	122	96	79	48	27	94	51
	216	234	220	202	96	164	75	124	73	47	66	90
	181	241	241	157	129	157	77	171	108	89	79	104
	140	237	185	80	117	82	56	136	94	67	79	78
	150	178	112	202	131	171	185	54	60	94	70	109
LAMON GAN	357	263	143	219	64	221	227	148	185	129	180	112
	272	223	313	259	121	212	139	191	132	165	102	190
	357	94	219	335	203	188	242	79	135	122	142	122
	161	107	183	165	139	91	242	91	74	180	162	79
	125	138	250	250	73	136	94	82	175	135	71	193
	214	277	161	237	212	215	200	221	178	63	195	56
	174	156	286	188	185	230	139	139	185	89	178	124
GRESIK												

	JAN				FEB				MAR			
	Permintaan				Permintaan				Permintaan			
	34	62	30	24	62	24	42	53	26	55	57	33
	59	34	75	58	26	51	54	20	51	60	50	55
	53	57	65	52	51	39	65	29	15	19	49	48
	21	60	48	68	37	48	35	53	30	18	44	54
	53	57	43	62	25	18	59	42	54	18	54	57
	42	41	54	56	41	58	31	28	36	53	54	51
	28	44	33	38	59	55	31	65	48	37	37	29

Lampiran 2 Rekap Permintaan Pupuk Urea Subsidi pada Bulan April – Juni tahun 2016

	APR				MEI				JUN			
	Permintaan				Permintaan				Permintaan			
BOJONEGORO	378	362	163	399	163	152	94	55	132	87	53	55
	116	257	268	289	97	117	182	154	119	141	57	75
	137	158	194	273	170	87	85	87	37	41	123	55
	326	420	221	347	76	140	140	124	130	70	143	36
	131	121	173	373	117	113	90	113	95	53	62	84
	368	147	305	410	108	83	83	168	123	62	112	77
	331	173	389	394	157	143	168	173	37	98	68	93
TUBAN	202	192	80	245	102	145	96	84	92	120	148	118
	249	179	113	129	206	87	75	119	125	92	115	53
	219	166	149	156	90	194	171	142	106	185	85	48
	103	259	239	252	197	58	67	160	92	129	78	122
	99	262	90	103	223	84	139	139	122	182	122	65
	126	86	176	159	93	134	99	171	88	152	171	58
	116	99	73	133	148	151	148	157	118	102	185	134
LAMONGAN	294	225	208	369	90	131	218	221	185	151	108	156
	115	271	127	115	188	188	96	128	114	58	108	137
	265	340	335	381	200	90	182	206	77	63	103	55
	231	225	421	340	87	188	212	212	140	85	151	172
	375	265	121	363	125	113	227	215	137	156	145	55
	346	358	156	386	81	230	206	72	111	166	211	82
	398	335	202	167	239	230	179	84	188	143	156	140
GRESIK	90	52	86	112	98	98	108	129	71	24	64	68

	APR				MEI				JUN			
	Permintaan				Permintaan				Permintaan			
	146	130	120	64	106	47	73	116	40	51	51	51
	140	148	66	126	90	53	116	69	41	68	28	66
	100	66	124	62	64	42	52	39	40	43	60	56
	130	120	76	148	47	48	52	66	22	23	41	34
	144	78	86	104	58	118	106	60	61	49	66	48
	150	148	42	136	103	97	58	105	28	20	59	41

Lampiran 3 Rekap Permintaan Pupuk Urea Subsidi Bulan Juli – September Tahun 2016

	JUL				AGUST				SEP			
	Permintaan				Permintaan				Permintaan			
BOJONEGORO	43	110	126	43	81	163	142	79	122	203	191	130
	122	98	100	52	58	172	181	177	186	188	81	171
	69	79	58	83	100	74	100	184	93	96	110	139
	36	45	96	117	56	170	114	186	58	128	206	171
	83	134	108	50	132	98	121	153	64	148	209	157
	108	79	131	108	160	72	49	58	229	154	162	191
	114	36	79	81	63	156	163	123	220	165	72	107
TUBAN	47	129	114	103	102	66	124	115	256	151	135	186
	44	40	55	84	95	66	62	166	83	96	64	256
	64	129	76	79	75	144	75	82	67	231	96	64
	123	116	62	111	51	124	170	64	83	147	67	205
	89	86	96	37	164	102	133	175	253	183	195	125
	104	77	118	134	170	157	93	122	96	99	163	102
	124	54	60	116	108	144	159	126	173	205	99	122
LAMONGAN	62	50	74	148	59	52	130	158	53	189	82	200
	136	86	62	150	64	62	106	94	154	149	90	165
	74	124	52	56	91	79	116	106	106	72	208	59
	62	148	136	74	143	140	128	59	56	104	98	192
	58	150	60	144	150	165	89	74	53	88	213	56
	140	118	92	112	180	64	194	177	162	130	85	101
	68	92	60	116	113	175	172	170	109	128	154	112
GRESIK	21	25	45	18	37	49	52	70	49	39	37	59
	40	33	24	30	72	32	31	39	34	60	28	40
	45	46	15	46	42	36	32	76	32	22	48	37
	50	15	38	18	58	59	21	72	20	21	16	49
	21	25	27	44	27	52	42	29	15	48	52	34
	46	18	42	27	45	72	46	73	26	19	51	53
	21	37	16	44	58	25	24	31	59	53	47	25

Lampiran 4 Rekap Permintaan Pupuk Urea Subsidi Bulan Oktober – Desember Tahun 2016

	OKT				NOP				DES			
	Permintaan				Permintaan				Permintaan			
BOJONEGORO	439	204	415	228	211	269	518	662	233	145	212	114
	331	264	439	337	230	595	595	393	274	155	326	305
	403	385	126	198	202	739	691	317	140	114	295	233
	283	301	204	361	528	365	624	345	320	336	233	160
	457	319	264	445	451	509	297	758	367	155	103	176
	391	391	307	156	365	317	451	307	140	320	243	377
	445	337	439	162	192	374	528	192	186	295	284	109
TUBAN	293	357	225	274	221	239	329	287	238	193	172	214
	269	318	205	323	143	143	269	442	93	235	266	269
	376	122	254	147	239	472	323	263	110	235	155	248
	328	137	112	205	119	364	215	191	86	238	221	159
	318	132	323	215	287	335	167	167	131	135	169	241
	210	279	259	298	311	305	197	418	248	93	214	162
	269	127	112	103	257	329	293	275	107	169	217	107
LAMONGAN	293	111	254	133	512	166	505	159	294	488	504	480
	282	343	343	387	440	361	433	556	279	542	217	186
	166	271	360	404	563	260	238	325	232	411	279	294
	160	348	243	149	484	411	375	144	380	302	488	201
	409	426	127	260	274	375	274	188	225	209	163	395
	332	387	293	376	375	520	217	180	511	442	178	534
	249	138	160	288	440	310	570	484	178	364	596	186
GRESIK	57	113	77	134	236	116	198	108	110	89	182	117
	89	119	158	73	136	151	85	116	258	224	262	186
	77	138	59	63	198	194	244	139	200	227	203	234
	75	107	101	126	159	143	139	290	162	213	203	248
	103	154	67	41	101	209	132	143	196	251	86	193
	93	51	95	71	132	271	132	244	179	117	196	151
	122	150	61	119	97	143	136	294	158	151	100	127

Lampiran 5 Rekap Pengiriman Pupuk Urea Subsidi pada Bulan Januari – Maret Tahun 2016

LOKASI	JAN				FEB				MAR			
	Permintaan Gudang				Permintaan Gudang				Permintaan Gudang			
BOJONEGORO	533	487	638	730	462	353	379	218	264	341	196	673
	394	591	800	893	456	385	257	340	290	307	673	272
	499	858	301		173	513	282	302	315	571	545	383
										264	704	

TUBAN	736	268	516	488	289	437	476	296	109	279	405	208
	583	516	564	526	502	251	424	328	345	388	213	175
	402	220	507					187				
LAMONGAN	441	614	684	658	241	482	463	139	448	204	197	480
	329	216	511	658	374	444	412	203	322	220	409	621
	640	355	346	493	177	501	437	298	355	204	496	252
				182								
GRESIK	169	134	75	122	93	185	169	64	167	156	167	153
	174	68	113	96	52	86	150	76	65	95	65	147
	148	139	111				174	150		88	88	

Lampiran 6 Rekap Pengiriman Pupuk Urea Subsidi pada Bulan April – Juni Tahun 2016

LOKASI	APR				MEI				JUN			
	Permintaan Gudang				Permintaan Gudang				Permintaan Gudang			
BOJONEGORO	588	814	742	567	298	369	241	251	155	150	198	228
	608	350	804	526	341	118	161	369	193	296	279	95
	701	474	753	691	327	114	265	232	219		202	305
					355							
TUBAN	381	419	704	581	549	315	300	263	321	365	355	390
	257	324	305	333	439	183	198	556	232	202	350	237
			390	761		183	205	490	370	227	158	

LAMONGAN	840	1268	777	919	529	628	174	355	179	230	371	294
	697	919	951	650	273	653	190	480	300	505	384	147
		333	380		380	587		389		153	486	0
										505		
GRESIK	415	261	255	119	263	185	85	203	111	68	84	143
	475	119	475	469	196	178	107	249	138	181	97	104
	184			214	185	160	164	174	59	165	165	0
								71				

Lampiran 7 Rekap Pengiriman Pupuk Urea Subsidi pada Bulan Juli – September Tahun 2016

LOKASI	JUL				AGUST				SEP			
	Permintaan Gudang				Permintaan Gudang				Permintaan Gudang			
BOJONEGORO	170	177	192	78	453	195	132	138	140	453	236	332
	200	248	292	192	195	340	214	409	249	472	204	140
	270	115	174	281	296	239	138	182	370	287	459	166
					453				421		223	
TUBAN	437	278	403	147	214	242	302	284	398	411	496	235
	227	266	272	142	223	181	288	335	392	359	385	170
	300				358	367	191	247	411	183	235	327
LAMONGAN	347	199	152	114	167	257	342	248	337	276	227	417
	109	119	133	318	321	223	338	120	141	393	141	386
	133	351	157	147	270	325	124	103		460	160	429
		285		138		167		304				

LOKASI	JUL				AGUST				SEP			
	Permintaan Gudang				Permintaan Gudang				Permintaan Gudang			
GRESIK	66	46	76	91	83	157	81	183	70	105	126	132
	74	103	93	73	173	46	90	86	107	71	73	139
	89	68	58	43	86	113	102	51	98		150	
						58						

Lampiran 8 Rekap Pengiriman Pupuk Urea Subsidi pada Bulan Oktober – Desember Tahun 2016

LOKASI	OKT				NOP				DES			
	Permintaan Gudang				Permintaan Gudang				Permintaan Gudang			
BOJONEGORO	261	488	488	567	418	622	512	571	691	977	691	391
	646	363	442	374	580	673	546	256	860	612	951	1029
	669	238	374	408	375	580	435	315	951	834	691	1029
	692	578	352		367	964	171	401	808	834	313	456
TUBAN	353	669	381	316	793	680	443	824	540	207	604	167
	390	725	205	279	412	330	309	629	413	620	278	429
	381	548	511	455	350	268	773	361	564	262	357	612
	641		558	186	381			402	413	230	191	199
LAMONGAN	234	312	312	401	551	520	357	264	382	1179	1105	619
	379	713	769	847	342	256	598	210	943	1164	840	781
	390	836	680		155	567	202	598	994	737	1105	545
					575	435	256	248	293	1046	354	1164
					318				573	693	840	884
GRESIK	253	358	432	149	525	284	393	430	390	524	366	597
	268	537	373	179	189	270	576	415	549	390	585	597
			276		466	576	277	510		951	378	
							306	393				

Lampiran 9 Rekap Pengiriman Pupuk Urea Subsidi pada Tahun 2016

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN
BOJONEGORO	6.725	4.120	5.092	7.618	3.442	2.320
TUBAN	5.327	3.190	2.122	4.454	3.680	3.208
LAMONGAN	6.126	4.525	3.854	7.734	4.638	3.554
GRESIK	1.350	1.198	1.193	2.985	2.219	1.315

	JUL	AGUST	SEP	OKT	NOP	DES
BOJONEGORO	2.387	3.383	4.151	6.940	6.820	13.784
TUBAN	2.472	3.233	4.003	6.600	6.955	6.084
LAMONGAN	2.702	3.308	3.368	5.875	7.050	14.471
GRESIK	881	1.309	1.072	2.825	5.610	5.327
GRESIK	881	1.309	1.072	2.825	5.610	5.327

Lampiran 10 Rata-rata inventory dan *holding cost* tiap skenario

Wilayah	Skenario	Rata-rata Inventory	Holding Cost
Bojonegoro	2	3857	Rp2.082.780.000
	3	1524	Rp822.960.000
	4	662	Rp357.480.000
Tuban	2	3061	Rp1.652.940.000
	3	1209	Rp652.860.000
	4	464	Rp250.560.000
Lamongan	2	4049	Rp2.186.460.000
	3	1547	Rp835.380.000
	4	519	Rp280.260.000
Gresik	2	1584	Rp855.360.000
	3	592	Rp319.680.000
	4	238	Rp128.520.000

Lampiran 11 *Quantity Order* dan *Demand* Tahunan tiap skenario

Wilayah	Skenario	Quantity Order	Demand/Tahun
Bojonegoro	2	571	66637
	3	908	66637
	4	1378	66637
Tuban	2	441	51006
	3	702	51006
	4	1133	51006
Lamongan	2	333	67202
	3	539	67202
	4	931	67202
Gresik	2	109	25926
	3	178	25926
	4	281	25926

Lampiran 12 *Ordering Cost* dan jumlah truk tiap skenario

Wilayah	Skenario	Ordering Cost	jumlah truk
Bojonegoro	2	Rp5.095.509.267	19,0
	3	Rp5.095.509.267	30,3
	4	Rp5.095.509.267	45,9
Tuban	2	Rp3.152.170.800	14,7
	3	Rp3.152.170.800	23,4
	4	Rp3.152.170.800	37,8
Lamongan	2	Rp1.805.493.733	11,1
	3	Rp1.805.493.733	18,0
	4	Rp1.805.493.733	31,0
Gresik	2	Rp195.309.200	3,6
	3	Rp195.309.200	5,9
	4	Rp195.309.200	9,4

Lampiran 13 Hasil Perhitungan ROP, Jarak, dan Kapasitas Gudang

Wilayah	Skenario	ROP	Jarak (km)	Kapasitas Gudang (ton)
Bojonegoro	2	4163	114,7	17000
	3	1601	114,7	17000
	4	686	114,7	17000
Tuban	2	3188	92,7	10000
	3	1228	92,7	10000
	4	528	92,7	10000
Lamongan	2	4130	40,3	8000
	3	1554	40,3	8000
	4	634	40,3	8000
Gresik	2	1589	11,3	2750
	3	595	11,3	2750
	4	240	11,3	2750

Lampiran 14 Hasil Simulasi Kebutuhan Truk Tiap Skenario pada Kabupaten Bojonegoro

Skenario/ Bulan	1			2			3			4		
	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average
Januari	92	340	246	174	369	258	226	327	236	130	345	244
Februari	124	356	250	142	353	253	226	327	254	129	345	247
Maret	75	345	278	142	353	250	251	352	254	122	345	248
April	31	237	119	95	174	126	75	175	133	76	191	132
Mei	47	186	110	95	158	115	75	176	125	75	153	113
Juni	48	196	105	79	171	115	75	151	113	75	153	123
Juli	65	198	113	79	158	115	75	151	122	75	157	115
Agustus	80	233	142	110	205	154	125	201	138	75	191	136
September	72	216	134	81	237	157	125	201	143	115	191	137
Oktober	60	193	144	50	160	92	125	201	145	114	191	138
Nopember	117	348	252	174	285	250	201	302	229	190	313	242
Desember	95	357	251	258	353	259	226	327	252	129	344	269

Lampiran 15 Hasil Simulasi Kebutuhan Truk Tiap Skenario pada Kabupaten Tuban

Bulan	1			2			3			4		
	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average
Januari	100	265	157	131	200	168	119	213	168	151	227	188
Februari	76	252	166	131	207	169	136	206	168	151	227	192
Maret	66	237	148	128	208	166	124	215	166	150	224	182
April	41	226	132	108	173	128	111	159	129	113	189	143
Mei	47	201	124	98	149	124	99	145	123	113	151	127
Juni	64	180	117	106	142	123	92	147	122	113	151	131
Juli	40	216	126	105	152	122	96	150	123	113	151	130
Agustus	70	220	146	124	204	134	125	201	157	113	189	158
September	70	235	152	128	191	158	135	195	164	113	189	162
Oktober	81	251	150	124	177	163	140	201	166	113	189	116
Nopember	169	265	169	88	178	134	28	118	71	74	150	105
Desember	144	224	144	137	198	169	140	214	172	151	227	188

Lampiran 16 Hasil Simulasi Kebutuhan Truk Tiap Skenario pada Kabupaten Lamongan

Bulan	1			2			3			4		
	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average
Januari	125	343	244	231	320	268	119	313	269	217	310	275
Februari	122	416	251	244	340	267	136	306	268	216	340	274
Maret	112	375	231	245	319	262	124	315	266	217	341	276
April	66	355	214	152	237	188	111	159	229	155	217	190
Mei	84	394	211	147	220	189	99	245	173	155	217	179
Juni	81	366	205	140	215	189	92	247	172	155	217	181
Juli	118	380	214	142	215	178	96	202	151	123	217	182
Agustus	79	262	159	213	204	178	125	201	157	154	247	187
September	62	262	156	151	218	186	135	195	164	155	248	135
Oktober	61	290	157	144	205	165	140	201	166	40	120	90
Nopember	167	417	251	213	326	230	28	218	151	154	247	200
Desember	135	365	254	223	352	241	140	214	273	186	310	276

Lampiran 17 Hasil Simulasi Kebutuhan Truk Tiap Skenario pada Kabupaten Gresik

Bulan	1			2			3			4		
	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average
Januari	70	229	143	85	156	120	85	156	120	99	146	117
Februari	59	233	133	88	154	119	88	154	119	86	146	117
Maret	52	230	137	94	142	118	94	142	118	99	146	118
April	33	118	69	58	90	71	58	90	71	59	93	74
Mei	28	107	58	53	80	66	53	80	66	53	80	66
Juni	19	87	57	50	79	65	50	79	65	53	86	66
Juli	17	95	55	55	84	66	55	84	66	53	80	64
Agustus	22	135	74	47	77	60	47	77	60	40	73	61
September	27	127	79	45	80	61	45	80	61	46	73	60
Oktober	20	124	75	23	79	58	23	79	58	46	79	61
Nopember	55	268	145	91	136	105	90	156	105	89	146	124
Desember	64	275	139	90	156	125	91	156	76	79	126	106

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Eduard Nugroho Theopilus lahir di Lumajang pada tanggal 14 Januari 1995. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dari Bapak Ferry Hartanto Theopilus dan Ibu Ratnaning Dyah. Penulis menempuh pendidikan pertama di TK Dharmawanita Klakah, Lumajang. Setelah itu melanjutkan ke jenjang sekolah dasar di SD Negeri Klakah 01 (2001-2007), menempuh sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Lumajang (2007-2010), menempuh sekolah menengah atas di SMA Negeri 2 Lumajang (2010-2013), dan melanjutkan S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif menjadi panitia dalam perlombaan Industrial Challenge (INCHALL) dan turut serta dalam kegiatan HMTI mengajar sebagai guru. Selama kuliah penulis mengikuti kegiatan kerja praktek di Bulog Divre Jatim pada departemen pengadaan pada Tahun 2016. Selain itu penulis juga melakukan magang di BNI Pemuda Surabaya pada Tahun 2017, dan BPJS Ketenagakerjaan kantor cabang Surabaya Barat pada departemen *marketing* pada tahun 2017. Penulis juga aktif dalam kegiatan di luar kampus yaitu menjadi salah satu pengajar dan koordinator mahasiswa dalam pembinaan OSN SD Kota Surabaya pada tahun 2017. Selain itu penulis juga pernah mengikuti kegiatan inventarisasi aset yang dilakukan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya (BAPPEKO) yang dilakukan terhadap seluruh kecamatan dan kelurahan di Kota Surabaya. Penulis juga aktif sebagai pengajar dan staff keuangan dalam bimbingan belajar Indonesia Rajin Indonesia Tangguh (IRIT) pada Tahun 2017.

Selain aktif dalam organisasi dan kepanitiaan, penulis juga mengikuti pelatihan manajemen diri LKMM Pra-TD dan Pelatihan Kader Mahasiswa Islam. Penulis dapat dihubungi pada nomor 082135665049 dan email eduard.nugroho02@gmail.com.